

Aus der Dr. von Hauner'schen Kinderklinik der Universität München
Direktor: Professor Dr. med. A. Wiskott

Das Prae- und Postoperative
Elektrocardiogramm beim offenen Ductus Botalli

Die Beziehungen zwischen EKG und Haemodynamik
vor und nach der Unterbindung des Ductus im Kindesalter

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der
DOKTORWÜRDE IN DER GESAMTEN MEDIZIN

verfasst und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

ULRIKE FETZER

aus Ludwigsburg

München 1966



Aus der Dr. von Hauner'schen Kinderklinik der Universität München
Direktor: Professor Dr. med. A. Wiskott

Das Prae- und Postoperative
Elektrocardiogramm beim offenen Ductus Botalli

Die Beziehungen zwischen EKG und Haemodynamik
vor und nach der Unterbindung des Ductus im Kindesalter

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der
DOKTORWÜRDE IN DER GESAMTEN MEDIZIN

verfasst und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
ULRIKE FETZER
aus Ludwigsburg

München 1966

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. K. Bühlmeier

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. A. Wiskott

Dekan: Prof. Dr. med. M. Kiese

Tag der mündlichen Prüfung: 11. 10. 1966

DAS PRAE- UND POSTOPERATIVE
ELEKTROCARDIOGRAMM BEIM OFFENEN DUCTUS BOTALLI

Die Beziehungen
zwischen EKG und Haemodynamik
vor und nach der Unterbindung des Ductus im
Kindesalter.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

INHALTSÜBERSICHT

EINLEITUNG	2
I. METHODE UND MATERIAL	3
II. ERGEBNISSE	
1 a. Zeichen der pathologischen Links- hypertrophie vor der Durchtrennung des Ductus Botalli.	10
1 b. Zeichen der pathologischen Links- hypertrophie nach Durchtrennung des Ductus Botalli	12
2. Die Bestimmung des Lagetyps, d.h. der elektrischen Herzachse	13
3. Die Bestimmung der Winkelgröße zwischen QRS- und T-Vektor	14
4. Blutdruckbestimmung	15
5. Nebenfunde	 17
6. QT-Intervall	17
7. Blockformen	18
8. 12 EKG-Befunde, einige Zeit nach der Ligatur des Ductus Botalli.	22
III. DISKUSSION	30

IV. Tabellarische Übersicht über die
Entwicklung der Hypertrophie und
ihrer Nebenerscheinungen in allen
3 Gruppen und Zeitabschnitten30a - g

V. ZUSAMMENFASSUNG35

VI. SCHRIFTTUM38

Die Ligatur des Ductus Botalli ruft am Herzen hämodynamische Veränderungen hervor. Vor der Unterbindung herrscht am linken Ventrikel eine vermehrte Volumenbelastung (diastolische Belastung), die sich nach der Operation in eine vermehrte Druckbelastung (systolische Belastung) verwandelt (Cabrera und Monroy 1952, Sedziwy und Shillingford 1961).

Die hämodynamische Umstellung läßt sich beim Kind am einfachsten und sichersten im EKG feststellen. Daß bei Kindern unter 1 Jahr die elektrokardiographische Untersuchung wegen der unzureichenden röntgenologischen Diagnostik von großer Bedeutung ist, wies schon Ziegler 1952 hin.

Seit Cabrera und Monroy, Sodi - Pallares und Marsico in den Jahren 1952 - 1960 erklärten, man könne elektrokardiographisch zwischen einer vermehrten Druckerarbeit und einer vermehrten Volumenarbeit unterscheiden, wurde häufig Widersprüchliches geschrieben.

Es schien uns daher erforderlich

1. die Veränderungen am Myocard detailliert an prae- und postoperativen Ekgs zu analysieren und
2. die elektrokardiographischen Unterschiede zwischen einer Volumen- und Druckbelastung, die gerade bei diesem Vitium und seiner operativen Korrektur signifikant sind, festzuhalten.

I. METHODE UND MATERIAL

An der Dr. von Hauner'schen Universitätskinderklinik in München standen uns von 1957 - 1962 die Elektrokardiogramme von 26 Kindern mit einem Ductus Arteriosus Botalli zur Verfügung, die in der Chirurgischen Universitätsklinik in München, Direktor Prof. Dr.med. R. Zenker, operiert wurden.

19 der Kinder waren weiblichen, 7 männlichen Geschlechts im Alter von 6 Monaten bis 16 Jahren.

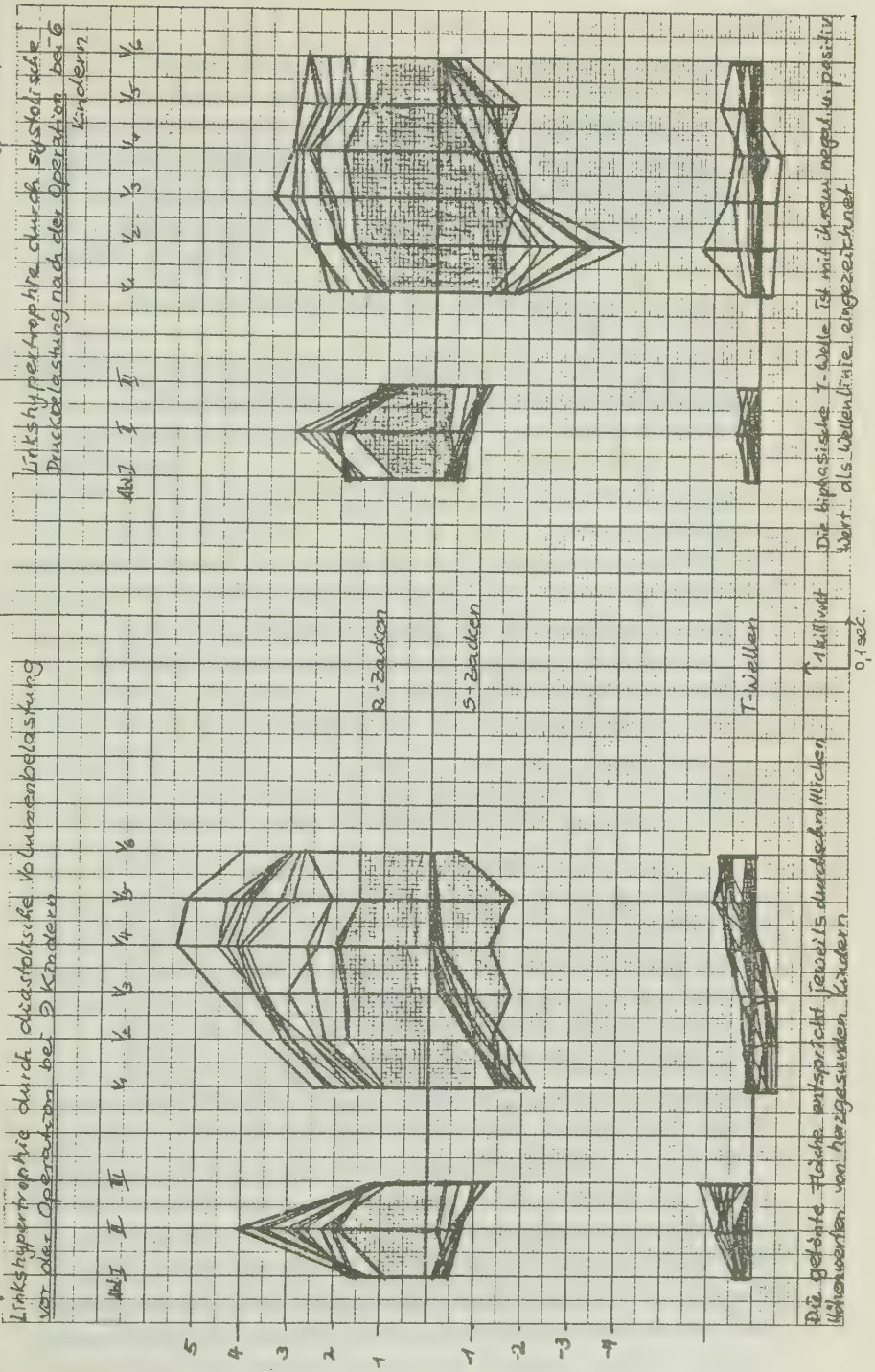
Wir teilten die Kinder in drei Gruppen ein:

1. "ohne pulmonale Hypertension": der pulmonale Druck beträgt bis zu 30 mm Hg, 12 Fälle
2. "mit mäßiger Hypertension": der pulmonale Druck beträgt bis zu 60 mm Hg, 8 Fälle
3. "mit hochgradiger pulmonaler Hypertension": der pulmonale Druck beträgt bis zu 90 mm Hg, 6 Fälle.

Diese Einteilung erfolgte entsprechend den Druckverhältnissen im pulmonalen Kreislauf. Bei keinem der Kinder bestand ein Rechts-Links-Shunt. Bei allen Patienten wurden die drei Standardextremitätenableitungen und die Brustwandableitungen von V_1 - V_6 registriert.

Die Normgrenzen für die durch das Alter bedingten Zeit- und Spannungswerte der Ekg-Zacken und -Wellen wurden dem Pädiatrischen Ekg-Atlas von Heck und Störmer

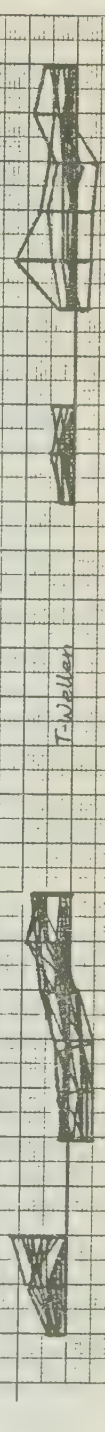
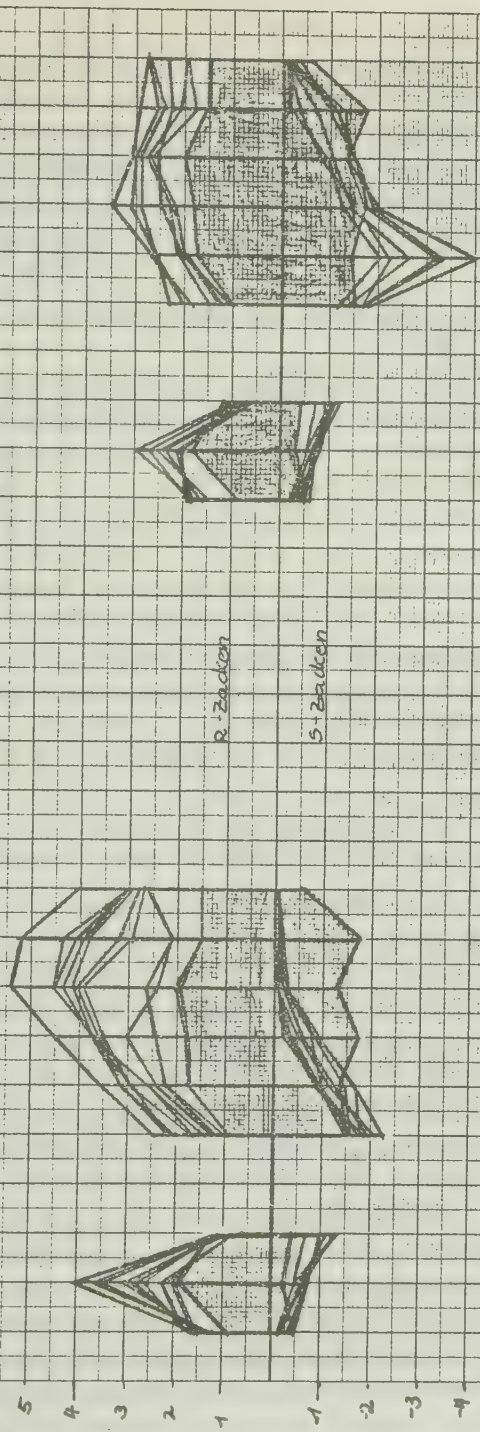
Abb. I Darstellung der verbundenen Gipfelpunkte von R-, S-Zacken und T-Wellen bei Linkshypertrophie



Linkshypertrophie durch diastolische Volumenbelastung vor der Operation bei 3 Kindern

Linkshypertrophie durch systolische Druckbelastung nach der Operation bei 6 Kindern

I II III IV V V₆
 I II III IV V V₆



entnommen. Die Untersuchung vollzog sich unter dem Aspekt folgender Ekg-Maße: Dauer, Spannungswert und Morphologie der P- und Q-Zacke, des QRS-Komplexes, der T- und U-Welle. Dauer der PQ- und QT-Intervalle, Verhältnis von R/R+S in den Abl. $V_1 - 6$, R/S_{V_5} dividiert durch R/S_{V_2} (größer als 100), $T_{\overline{R_{V_6}}}$, Summe von $R_{V_5} + S_{V_2}$, $R_I + S_{III}$, ST- Abschnitt und Oberer Umschlagspunkt in Abl. V_I und V_6 .

Außerdem bestimmten wir den Blutdruck vor u. nach der Operation. Nach einem 1/2 - 5 jährigen postoperativen Zeitraum analysierten wir die Ekgs bei 12 Kindern einschließlich Blutdruckmessung unter denselben Gesichtspunkten.

Es erschien uns wichtig, zusätzlich aus einem Krankengut von ca. 120 Kindern, die in den Jahren 1963- 1965 operiert wurden, die Ekgs von 15 Kindern gleichen Alters (3 Jahre) zu untersuchen. Die Ergebnisse werden am Schluß von Kap. 4 besprochen.

II. ERGEBNISSE

Holzmann und andere Autoren haben beim Ductus Botalli ähnlich wie beim Ventrikelseptumdefekt ein völlig normales Ekg vorgefunden. Zwei unserer untersuchten Kinder wiesen vor der Operation ebenfalls ein normales EKG auf. Bei nur einem Kind wurde nach der Operation ein normales EKG beobachtet. Die Kinder gehörten der Gruppe I an. (Vgl. dazu Tab. V). Die Hämodynamische Umstellung konnte sich in verschiedenen Fällen selbst nach einem Vierteljahr noch nicht gänzlich manifestieren, sodaß bei einigen EKGs keine Veränderung an Form, Höhe oder Dauer mancher Zacken festzustellen war. Die Abb. I beinhaltet sämtliche wichtigen Gipfelpunkte der EKGs, die a) vor der Operation durch die diast. Volumenbelastung und b) nach der Operation durch die systolische Druckbelastung geprägt waren. An der Dichte der Linien,

die zwischen den Spannungshöhen von R- und S-Zacken einerseits und der T-Welle andererseits in allen 9 Ableitungen gezogen sind, lassen sich die vorherrschenden Linkshypertrophieformen in den Elektrokardiogrammen erkennen.

1 a. Zeichen der pathologischen Linkshypertrophie vor der Durchtrennung des Ductus Botalli.

P-Zacke:

In den Extremitätenableitungen erschienen folgende Hypertrophiezeichen:

17 Kinder hatten in der Abl. I das breite und nach Schmidt doppelhöckerige P, das bei 9 Kindern auch postoperativ zu sehen war. In Abl. II oder III hatten 21 Kinder prae- und 8 postoperativ ein über 0,07 " breites P (maximal 0.15 " bei dem 11 Monate alten Kind der Gruppe 2, vgl. Tab. V und VI). In den rechts- und linkspraekordialen Brustwandableitungen fielen die diphaseischen und hohen Formen sehr häufig auch nach der Operation auf. Hähnel fand sogar öfters bei einem pulmonalen Druck von 30 - 50 mm Hg eine Zackenhöhe in Abl. V₁ von 9 - 11 mm, die jedoch bei keinem unserer Kinder annähernd erreicht wurde. Der 11 Monate alte Säugling der Gruppe 2 hatte bei einer schweren Linkshypertrophie mit Myocardstoffwechselstörungen eine postoperative lokale Reizausbreitungsstörung mit einem negativen P (vgl. Tab. V Nr. 18).

Das PQ-Intervall

Bei insgesamt 7 von 20 Kindern der Gruppen 1 und 2 fanden wir eine verkürzte PQ-Intervallzeit, die normalerweise 0,13 " - 0.18 " umspannt. 4 Kinder hatten diese sinuauriculäre Reizleitungsstörung (vgl. Holz-

mann) vor der Operation, 2 Kinder nach der Operation und 2 Kinder vor und nach der Operation. Mit Ausnahme von 1 Fall war die P-Zacke besonders in der 1. Extremitäten- und Brustwandableitung flach und verbreitert. Die Minimalzeit von PQ betrug 0,11 " bei einem Kind der Gruppe 1, in dessen EKG ein oberer Knotenrhythmus den Kurvenablauf bestimmte. Die PQ-Intervallzeit, die normalerweise nicht mehr als 0,18 " beträgt, ging trotz der meistens verbreiterten P-Zacke nicht über diese Zeit hinaus.

Die Q-Zacke, ein sehr wichtiges Merkmal der Volumenbelastung.

Die Q-Zacken in den Ableitungen II und III und in den beiden linkspraecordialen Ableitungen waren als sichere Linkshypertrophiezeichen zu werten, wenn sie breit und tief waren (zwischen 6 und 12 mm), was bei 12 und 26 Kindern vorkam. Außerdem hatte die Q-Zacke häufig einen fast so starken Ausschlag wie die darauffolgenden S-Zacken. In Abl. I konnte man dagegen auffallend kleine Zacken zwischen 0 - 1 mm und rechtspraecordial schmale QS-Typen beobachten (vgl. Hähnel und Cabrera). Bei 1/4 der Kinder fehlte in Abl. I die Q-Zacke ganz.

QRS-Komplex

Der QRS-Komplex manifestierte sich in der Abl. I als M-Form besonders deutlich bei 7 von 26 Kindern, wovon 5 mit einer Doppelhypertrophie, 1 Kind mit einer ausgeprägten Rechtshypertrophie und 1 Kind mit einer schweren Linkshypertrophie behaftet waren. Die Herzachse dieser Kinder verlief steiltypisch.

In der Abl. II war der QRS-Komplex positiv und schmal bzw. bei starkem Linkstyp entsprechend negativ. Eine Knotung in den Abl. III und V_1 nahm nach der Operation zu und war besonders charakteristisch für alle Linkstypen. In den linkspraecordialen Ableitungen konnten auch wir wie Cabrera und Schmidt eine breite Fläche ohne längere Dauer bei 5 Kindern beobachten. Eine Verlängerung der QRS-Komplexzeit erreichte ein Kind der Gruppe 3 mit einem Maximum von 0,12 ".

R-Zacke

In der Abl. I waren die R-Zacken bei einem ausgeprägten Rechtstyp mit Rechtshypertrophie prae- und postoperativ, sowie in Abl. III bei 8 Kindern zu hoch. Bei allen Rechtstypen und Kindern der Gruppe III verliefen sie schleifend (Cabrera und Monroy).

Der plötzliche Wechsel von einer großen R_{II} -Zacke zu einer kleinen R_{III} -Zacke war in vielen Elektrocardiogrammen kraß. Rechtspraecordial gestaltete sich der Ausschlag bei 2 Kindern sehr klein (1 - 2 mm), bei mehreren Rechtstypen schleifend und hoch (s. auch Cabrera und Monroy). In den linkspraecordialen Ableitungen $V_{4,5}$ und 6 zeigten sie sich bei der Hälfte aller Kinder groß und breit, der Dilatation entsprechend (Schmidt und Cabrera). Dies war bei Rechtstypen und Kindern der Gruppe 3 nicht der Fall.

R + S

In Abl. V_1 hatten 9 Kinder mit einem ziemlich erhöhten pulmonalen Druck gleich große R- und

Tab. I Auswertung der Relationskurven der 3 Gruppen in 3 verschiedenen Zeitabschnitten:

a = Kurve vor der Operation

b = Kurve nach der Operation

c = Kurve im Abstand einiger Jahre nach d. Operation

Tab. Ia

Betrifft a und b	I	II	III	IV	V	VI
Gruppe 1 12 Kinder:	5	3	2	1	1	4
Gruppe 2 8 Kinder	1	2	2	3	1	1
Gruppe 3 6 Kinder	2	1	-	-	-	3

Tab. Ib

Nachbestellte Kinder (bei a, b, c)	I	II	III	IV	V	VI
Gruppe 1 = 4 Kinder:	1	1	-	-	3	-
Gruppe 2 = 5 Kinder:	-	1	1	1	1	1
Gruppe 3 = 3 Kinder:	-	-	-	-	-	1

zu Ia

- I a = b bei Linkshypertrophie
- II Übergangszone nach rechts verschoben, Linkshypertrophie nimmt zu.
- III Rückgang der Linksbetonung oder Doppelhypertrophie auf normale Werte.
- IV Kurve liegt oberhalb der isoelektrischen Potentiallinie und zeigt Schüsselform.
- V a = normal,
b = Linkshypertrophie
- VI Neigung zur Rechtsbetonung kombiniert mit Linksbelastung, Tendenz zur Doppelhypertrophie.

Bei den nachbestellten Kindern:

- Zu B. I Keine Doppelhypertrophie mehr, Rechts- und Linksbelastung haben nachgelassen.
- II Im Sinne der sekundären Dilatation der hypertrophierten linken Kammer durch Restvolumen (vgl. Schmidt).
- III Kein Rückgang der Doppelhypertrophie.
- IV Nach schwerer Linksbetonung mäßige Form.
- V Normale Werte.
- VI Rückgang der Doppelhypertrophie, zunehmende Linksbetonung.

S-Zacken (vgl. auch Schmidt). Das Höhenverhältnis von $\frac{T}{R} = \frac{I}{10}$ in Abl. V_6 wurde oftmals noch verkleinert. Durch die Druckbelastung, die nach der Operation einsetzt, wird R in V_6 niedriger. Deshalb wurde der Wert $\frac{1}{10}$ nur noch vereinzelt errechnet (z.B. bei einem 11-jährigen Kind $\frac{0,5 \text{ mV}}{5,1 \text{ mV}}$). Die Summe von $R V_5 + S V_2$ erreichte sehr oft einen erhöhten Wert (z.B. betrug bei einem 5-jährigen Kind die Summe 5,56 mV entgegen dem normalen Wert von 2,81 - 3,38 mV). Einen höheren Wert als 35 konnte man bei der Division des Quotienten $\frac{R/SV_5}{S/SV_2}$ nur bei 3 starken Linkshypertrophiebildern errechnen.

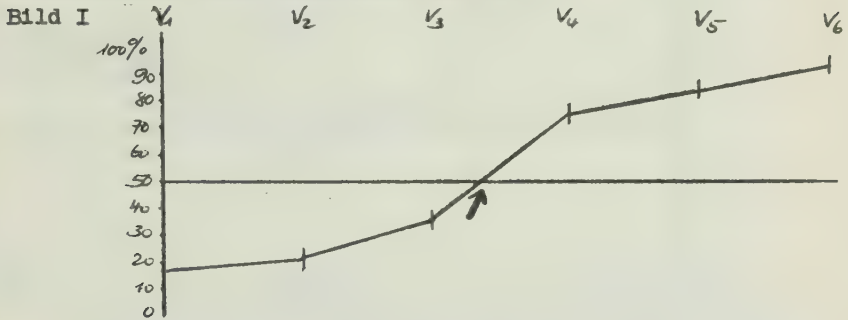
Die vor und nach der Ductusunterbindung aufgezeichneten Relationskurven, die das prozentuale Verhältnis von $\frac{R}{R+S}$ in den praecordialen Ableitungen $V_1 - V_6$ wiedergeben (Marsico), zeigen die Entwicklung der Links-, Rechts- oder Doppelhypertrophie (Beispiel für Linkshypertrophie, die Werte sind aus Abl. V_6 entnommen: $R = 54 \text{ mm}$, $S = 1 \text{ mm}$. $\frac{R}{R+S} = 100 \%$, $\frac{54}{55} = 98,2 \%$).

Diese Kurven sind in besonderer Weise geeignet, die Abhängigkeit der Herzarbeit von der Gewichtsrelation der beiden Ventrikel anschaulich zu machen (Schmidt). (Zahlenmässige Auswertung der Relations-Kurven von 26 Kindern s. Tab. I, vgl. Bild I - V).

S-Zacke

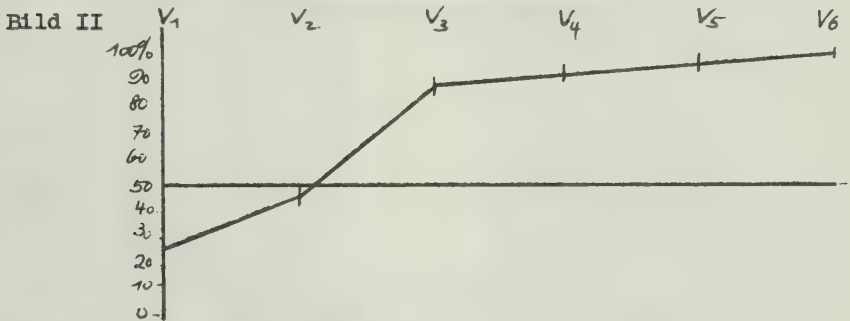
Im linkstypischen EKG aller Normal- und Steiltypen war die S-Zacke in Abl. I und in den Ableitungen II und III tief. Bei 10 Kindern fanden sich rechtspraecordial oft 24 mm tiefe S-Zacken, während sie linkspraecordial vielfach kaum meßbar klein waren.

Die Kurve a (—) zeigt die Verhältnisse vor der Op., die Kurve b (—) nach der Op. und die Kurve c (.....) im Abstand einiger Jahre nach der Op.



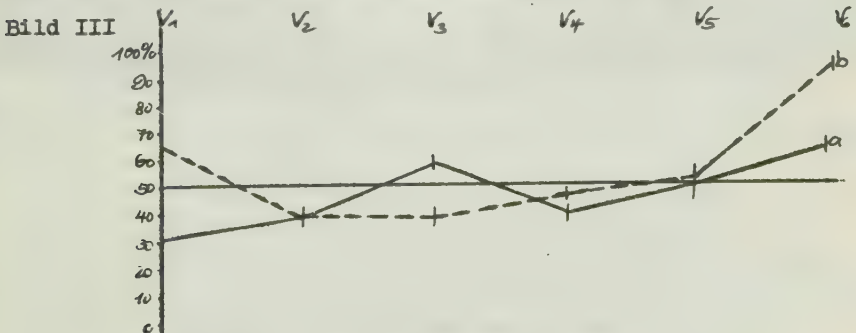
Physiologische Linkshypertrophie

Der Pfeil zeigt die Lage der Übergangszone an.



Typische kurve bei Ductus Botalli

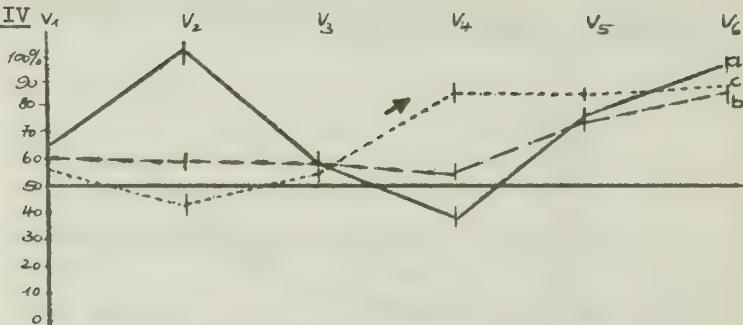
2 1/2-jähriges Mädchen aus Gruppe 1, Rechtstyp, die Übergangszone ist stark nach rechts verschoben, vgl. EKG S. 7 c.



4-jähriges Mädchen aus Gruppe 3, Rechtstyp.

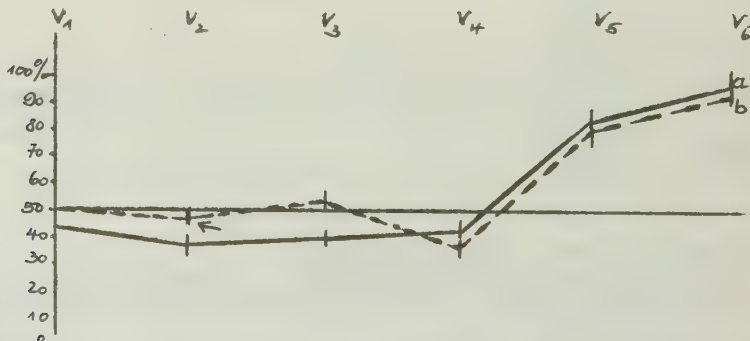
Kurve a zeigt mäßige Rechts- und Linksbelastung
 Kurve b ausgeprägte Doppelhypertrophie mit typischer Schüsselform, außerdem Zunahme der Voltspannung und Auftreten einer Myocardstoffwechselstörung.

Bild IV

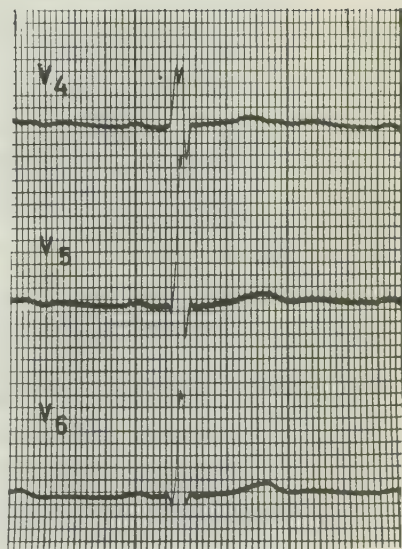
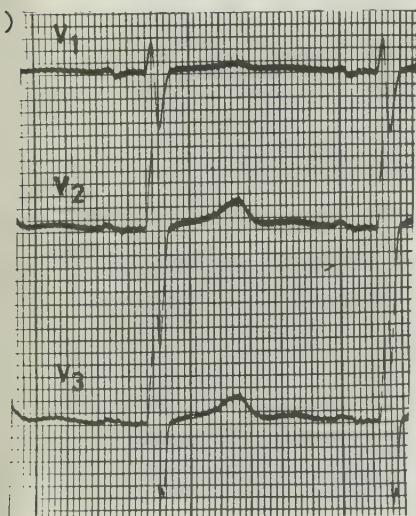
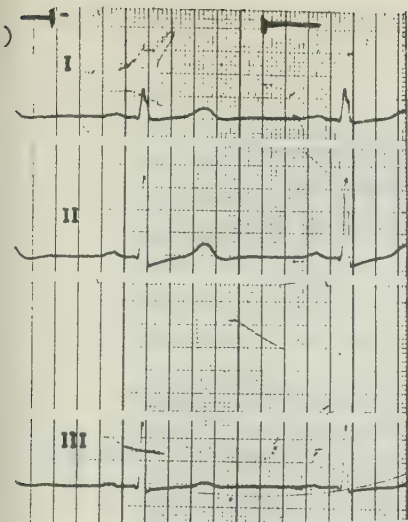


7-jähriger Knabe aus Gruppe 2, Linkstyp
 Kurve a zeigt schwere Doppelhypertrophie
 Kurve b Abnahme der Rechtsbelastung, die Kurve liegt über der isoelektrischen Linie, woran eine ausgeprägte Doppelhypertrophie zu erkennen ist.
 Kurve c zeigt zunehmende Linkshypertrophie (Pfeil), die Rechtsbelastung sinkt ab.

Bild V



2 1/4-jähriges Mädchen aus Gruppe 3, angedeuteter Linkstyp.
 Kurve b zeigt eine zunehmende Rechtsbelastung (Pfeil).



Kind Nr. 5
(Tab. V)

a) I.F., EKG eines 14 j. Mädchens vor der Operation
aus Gruppe 1. Normaltyp 60°. Mittelstarker Ductus.
EKG normal.

b) nach der Operation. Starke Linkshyper-
trophie mit Linksverspätung. Charakteristisches
postoperatives Bild. Übergangszone nach rechts ver-
schoben. Unvollständiger Linksschenkelblock.
QRS - T Winkel pathologisch vergrößert.

Nach Schmidt muß die S-Zacke rechts-*praecordial* in Ekg des Ductus Botalli nicht unbedingt tief sein, sie hat oft eine unauffällige Höhe.

T - Welle

Sie spiegelt besonders empfindlich pathologische Verhältnisse wider, sowohl anatomischer als auch hämodynamischer Art, und verschafft außerdem einen Einblick in den Myocardstoffwechsel. Die mangelnde Diskordanz bei einer Volumenbelastung des linken Ventrikels ist schon lange durch Untersuchungen von Sodi-Pallares, Cabrera und Schmidt bekannt. In 3 Fällen aus der Gruppe 3 war T V 5 + 6 flach und in 1 Fall sogar stark negativ. Diese Form gehört zu den typischen Zeichen einer Rechts-hypertrophie.

Eine völlige Abflachung oder gar Umkehrung von T, mit oder ohne ST-Senkung, außerhalb Ableitung III, ist ein Ausdruck des pathologischen Stoffwechsels (Holzmann) und kommt in 2 Einthovenableitungen unter normalen Bedingungen nicht vor (Heck und Störmer). Negative T-Wellen mit oder ohne ST-Senkung konnte man bei 90 % aller EKGs *prae-* und *postoperativ* in wenigstens einer Ableitung beobachten.

Eine hohe Spannungsintensität entwickelte sich in der zweiten und dritten Extremitätenableitung und war vielfach in Ableitung II am höchsten (z.B. 1,1 mV bei einem Kind der Gruppe 3, das nach der Operation noch ein Linkshypertrophie-EKG erheblichen Ausmaßes besaß). Diese Erscheinung verschwand aber *postoperativ* in 20 von 26 Fällen.

Als "ischaemischer Typ" verlagerte sich die Welle in den rechtspraecordialen Ableitungen unter die Isopotentiallinie oder beschrieb diphasische Kurven. Den typischen Verlauf einer hohen und spitzen T-Welle in V_5 und V_6 konnte man bei mehr als der Hälfte der Kinder beobachten. Bei 4 Kindern mit Linkspositionstyp und starker Linkshypertrophie der Gruppen 1 und 2, und einem Kind mit unvollständigem Linksschenkelblock und Highvoltage (Nr. 12, vgl. Tab. V) hatte sich diese Form postoperativ noch nicht zurückgebildet. Bei einem Linkstyp der Gruppe 3, der erheblich myocardgeschädigt war und dessen Relationskurve unter der isoelektrischen Linie lag, schlossen sich als weiteres Zeichen der Repolarisationsstörung. asymmetrische Nachwellen an. Bei 21 Kindern aller 3 Gruppen zeigte sich ein knickförmiger Übergang von einer träg ansteigenden ST-Strecke zu einem positiven T in den Ableitungen II, III, V_5 und V_6 .

Die Zeitbestimmung des oberen Umschlagpunktes
(Intrinsicoid deflection time)

Bei 2 Kindern war nach der Operation die Differenzgröße $QR V_6 - QR V_1$ größer als 0,01 ".

Mit wenigen Ausnahmen konnte ein normaler Zeitpunkt der Negativitätsbewegung in Abl. V_1 beobachtet werden. In Abl. V_6 allerdings setzte die Negativitätsbewegung bei knapp der Hälfte der Kinder verspätet ein oder befand sich an der oberen Grenze der angemessenen Zeitdauer (vgl. Schmidt) mit einem Höchstwert von 0,05 ". An dem ausgeprägten Linkshypertrophiebild eines 12-jährigen Mädchens aus der Gruppe 1 mit unvollständigem Linksschenkelblock, Highvoltage aber physiologischer Übergangszone machte sich schon vor der Operation

durch die rechtspraecordiale R-Zacke die daraus resultierende verspätete Negativitätsbewegung eine gewisse Rechtsbelastung bemerkbar. Postoperativ wurde noch bei zusätzläh 9 Ekgs eine Verlängerung in V₆ gemessen.

Eine diphasische Form der U-Welle in den Ableitungen V₅ und V₆ wurde in 2 Hypertrophie-Ekgs gefunden.
Eine auffallende Hochspannung als Ausdruck einer erhöhten Potentialschwankungsintensität zeigte sich in den BWA bei mehr als 1/3 aller Kinder.

1 b. Zeichen der pathologischen Linkshypertrophie nach Durchtrennung des Ductus Botalli
(Auswirkungen des Blutdrucks am EKG).

Folgende Kriterien wurden als Zeichen der systolischen Druckbelastung im postoperativen Kurvenbild gefunden:

Die P-Zacke war nach der Operation bei 15 von 26 Kindern wieder normal in Spannungshöhe und Zeitdauer. Bei zwei Doppelhypertrophie-EKGs fanden wir ein P-pulmonale und in zwei weiteren Doppelhypertrophie-EKGs und einem Linkshypertrophie-EKG ein P-cardiale. In 5 Linkshypertrophie-EKGs fanden wir das typische P-sinistocardiale.

Die Q-Zacke erreichte außer in zwei Kurvenbildern mit markanten Ausschlägen in den Ableitungen V₅ u. V₆ normale Höhe. Bei einem Kind mit starker Linkshypertrophie war die Q-Zacke in Abl. III wieder normal, bei 2 anderen in Abl. III, V₅ und V₆ erhöht. 2 Kinder mit Doppelhypertrophie hatten in Abl. III

und V_6 eine zu tiefe Q-Zacke. Bei den übrigen 21 Kindern war sie normal.

Eine Splitterung der R-Zacke im Sinne einer Reizausbreitungsstörung, die vor der Operation bei 6 Kindern anzutreffen war, verschwand bei vier Kindern vollständig, ohne jedoch die sonstigen Belastungszeichen im EKG vermissen zu lassen.

In Abl. V_6 wurde durch die Druckbelastung die R-Zacke bei allen linksbelasteten EKGs bis auf einen Fall kürzer als vor der Operation. Bei Elektrokardiogrammen, die nach der Operation eine Hypertrophie beider Ventrikel erkennen ließen, fanden wir verschiedene Ergebnisse. Vor der Operation war bei einem Kind die R-Zacke erhöht, nach der Operation war dies bei 4 Kindern der Fall. Bei 3 Kindern mit Doppelhypertrophie fanden wir kurze R-Zacken, bei 4 Kindern nahm die Höhe der R-Zacke nach der Operation zu. Bei 3 Kindern mit einer Rechtshypertrophie blieb die postoperative R-Zacke in gleichem Maße wie vor der Operation in Abl. V_6 erhöht.

Eine meßbare Verschmälerung des QRS-Komplexes konnte in 5 Elektrokardiogrammen festgehalten werden. Ebensooft zeichnete sich in den Abl. V_3 und V_4 eine S-Form ab, die auch schon Schmidt beobachtete.

Ein Rückgang der verspäteten Negativitätsbewegung linkspraecordial wurde nur in 5 linkstypischen Ekgs gemessen, sie setzte in 3 Fällen zur gleichen Zeit oder noch später ein. Die letztgenannte Entwicklung zeichnete sich in denjenigen Ekgs ab, bei denen die Linkshypertrophiezeichen zunahmen,

oder bei denen eine Umbildung der Rechtshypertrophie zur Doppelhypertrophie stattgefunden hatte. In zwei Fällen setzte vor und nach der Operation in V_1 und V_2 eine verspätete Negativitätsbewegung ein, und in einem EKG mit zunehmender Rechtsbelastung fand nur in V_1 eine verspätete N.B. statt.

ST :

Nach der Operation wurde in den Ableitungen V_5 und V_6 von 11 Ekgs eine ST-Senkung sichtbar, wie man sie außer bei der vorliegenden Hypertrophie auch noch bei Koronararterienstenosen und paroxysmaler Tachycardie sieht.

T:

Die praeoperative hohe, spitze T-Welle in Abl. III wich einer postoperativen asymmetrischen Welle bei mehr als der Hälfte der Kinder. Und die bei Druckbelastung zu erwartende Negativität oder Abflachung linkspraecordial (Sodi-Pallares, Cabrera) war lediglich in 9 Elektrokardiogrammen zu beobachten. In 17 Ekgs blieb die Welle sehr hoch.

Außerdem ging die Hochspannung nur bei 5 von 12 Kindern auf normale Kräfteverhältnisse zurück. Bei den übrigen 7 Kindern blieb die Spannung gleich hoch. Bei 14 Kindern war vor der Operation keine pathologische Hochspannung zu beobachten.

2. Die Bestimmung des Lagetyps , d.h. der elektrischen Herzachse

Sie verlief in der Altersgruppe von 6 Monaten am häufigsten in dem Sektor des Normaltyps. Alle 3 Gruppen verteilten sich folgendermaßen auf die

4 Sektoren der Abb. A:

1. Sektor des angedeuteten bzw. reinen Linkstyps: von 0 - 45 Grad.
2. Sektor des Normaltyps: von 45 - 75 Grad.
3. Sektor des Steiltyps: von 75 - 90 Grad.
4. Sektor des Rechtstyps: von 90 - 150 Grad.

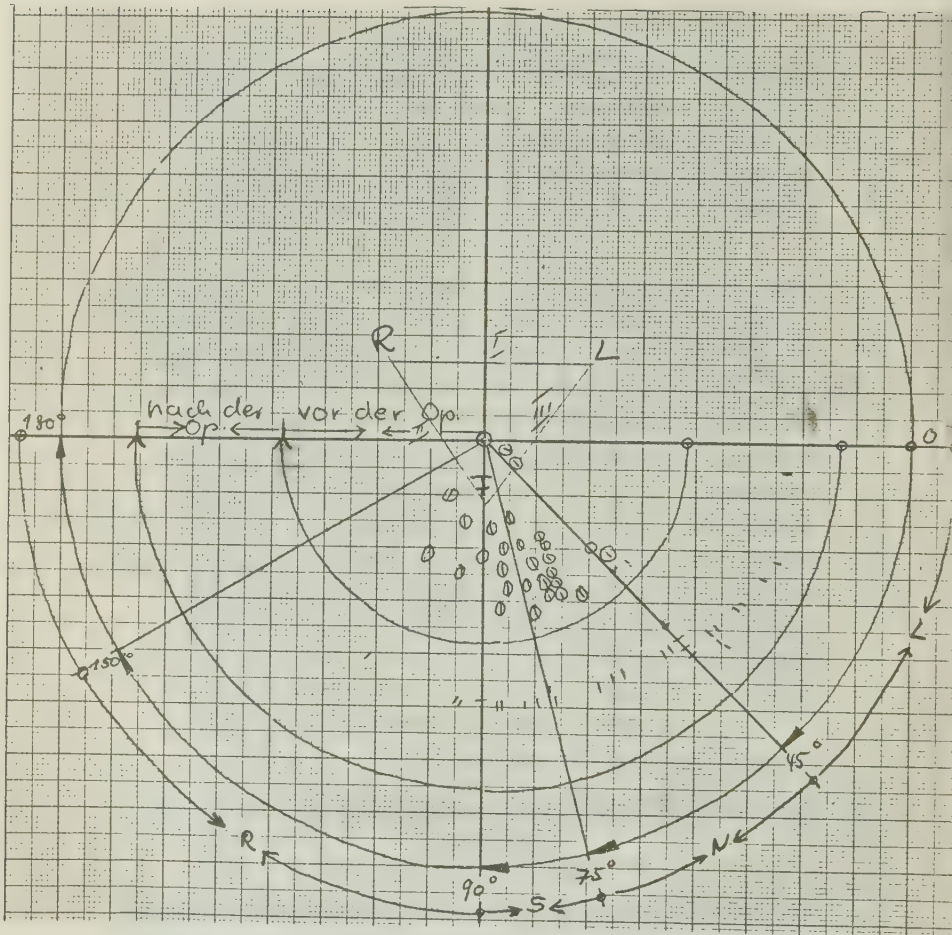
Beim Linkstyp lag die am weitesten nach links gerichtete Herzachse bei 7 Grad, vor der Operation bei 30 Grad. Beim Rechtstyp lag sie am weitesten nach rechts gerichtet bei 115 Grad gegenüber 112 Grad vor der Operation. Aus der Abb. A ist zu ersehen, daß nun die elektrische und anatomische Herzachse von 54 % der operierten Kinder in den Sektor der Linkslage fiel, während derselbe Prozentsatz vor der Operation in der Normal-Lage dominierte. Alle Rechts-Typen, die eine Rechts- bzw. Doppelhypertrophie hatten, blieben rechtstypisch.

3. Die Bestimmung der Winkelgröße zwischen QRS- und T-Sektor.

Geht die Winkelgröße über den normalen Wert hinaus ($\alpha = 60$ Grad), so kann mit einer erheblichen Hypertrophie gerechnet werden. Mit durchschnittlichen Werten von 135 Grad waren damit 2 Rechts-Typen der Gruppe 3 belastet. Dies betraf einen dreieinhalbjährigen Jungen mit einer Rechtshypertrophie ohne Rechts-Verspätung. Das Ekg zeigte nach der Operation eine zunehmende Highvoltage, einen Wilsonblock und Repolarisationsstörungen. Die Übergangszone lag bei V_5 . Das andere rechtstypische Ekg gehörte einem 8 $\frac{1}{4}$ jährigen Mädchen, dessen

Abb. A

Der Typenwandel nach der Operation in den
4 Sektoren



○ vor der Operation
● nach der Operation

1. Sektor: Reiner bzw. angedeuteter Linkstyp

vor der Operation 8%
nach der Operation 54%

2. Sektor: Normaltyp

vor der Operation 54%
nach der Operation 16%

3. Sektor: Steiltyp

vor der Operation 23%
nach der Operation 15%

4. Sektor: Rechtstyp

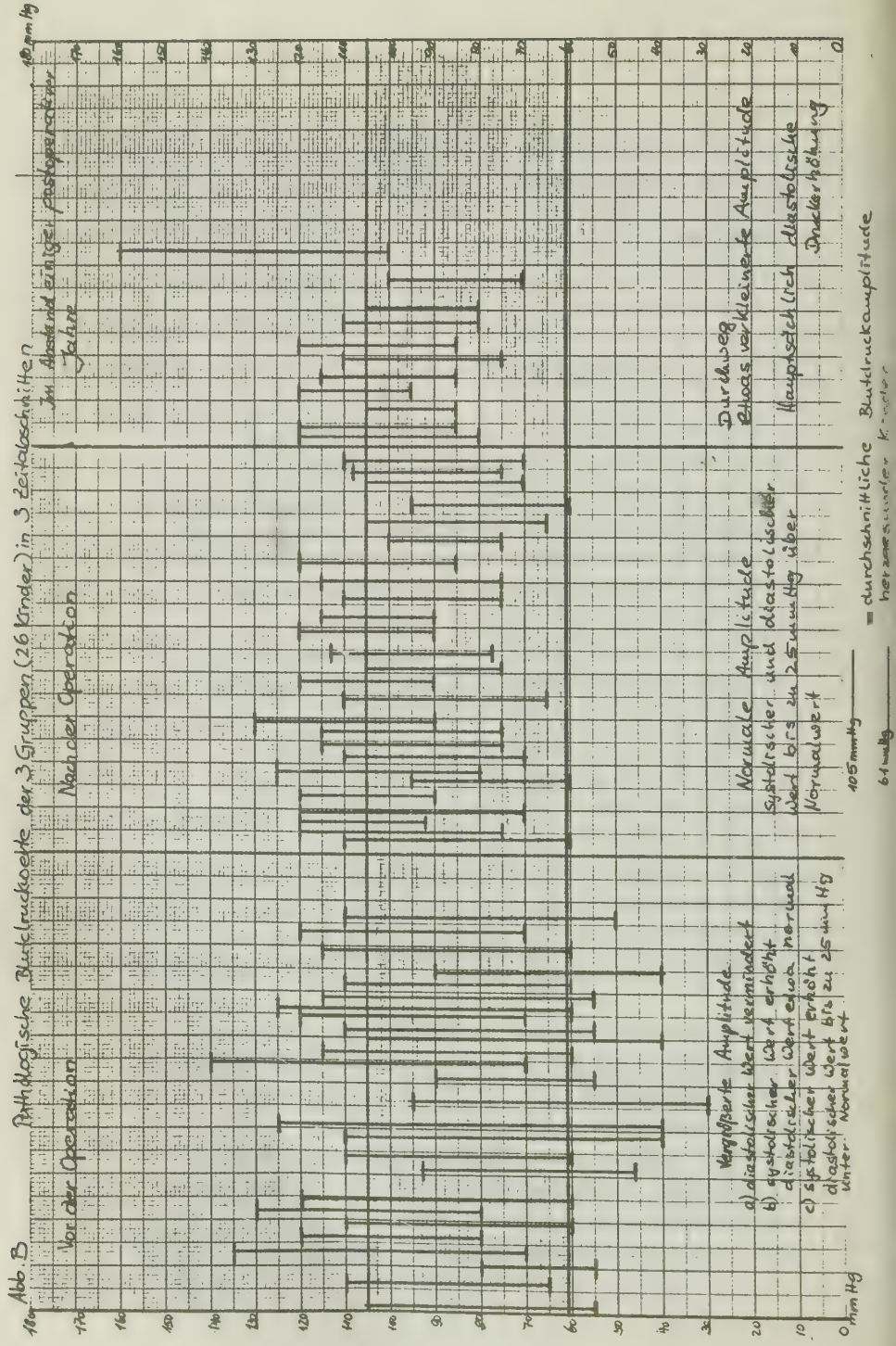
vor der Operation 15%
nach der Operation 15%

Ekg von niedriger Spannung und auch nach der Operation rechtstypisch war und Zeichen der Myocardstoffwechselstörung trug. Bei einem 14 jährigen Mädchen aus der Gruppe 1 unterstrich das Kriterium der Winkelvergrößerung die postoperative Zunahme der Linkshypertrophie.

4. Blutdruckbestimmung (vgl. dazu Abb. B)

Es sind bevorzugt die Ergebnisse vom rechten Arm aufgeführt. Außerdem muß ausdrücklich auf die Fehlerquote der ambulanten Messungen aufmerksam gemacht werden, die meist etwas erhöhte Werte ergaben. Die bei diesem Vitium typische Vergrößerung der Blutdruckamplitude wurde vor der Operation bei 16 von 26 Kindern gemessen. Der Mitteldruck lag nur 5 mm Hg über dem Normalwert von 83 mm Hg. Der Druck im Lungenkreislauf überstieg in keinem Fall den Wert im Körperkreislauf. Bei sieben Kindern waren systolischer und diastolischer Wert erhöht, während dies nach der Operation nur bei 4 Kindern vorkam. Bei 2 weiteren zeigten sich postoperativ immer noch vergrößerte Druckamplituden durch Erhöhung des systolischen Wertes und ohne Ausnahme eine weitere Erhöhung des Mitteldrucks um ca. 10 mm Hg, die sogar nach jahrelangem postoperativem Abstand doppelt soviel betrug.

Die Blutdruckmessung der 11 Kinder, die im Abstand einiger Jahr nach der Operation noch einmal untersucht wurden, ergab, daß kein Kind mehr eine große Blutdruckamplitude hatte. Es war im Gegenteil bei 6 Kindern der diastolische Druck oft bis 20 mm Hg über den Normalwert gestiegen. Bei 5 Kindern allerdings hatte die Amplitude ihre normale Größe, weil mit der Erhöhung des diastolischen Druckes



gleichzeitig auch der systolische Druck beträchtlich über dem Normalwert lag. Die Kinder mit großer pulmonaler Hypertension der Gruppe 3 hatten wie die anderen Kinder vor der Operation eine vergrößerte Amplitude, wobei hauptsächlich der systolische Druck erhöht war. Nach einigen Jahren waren bei 2/3 derselben die Amplituden zwar normal, aber systolischer und diastolischer Druck lagen gleichermaßen erheblich über dem Normalwert. Der ambulant gemessene Extremwert betrug 160/100 mm Hg.

Im Anschluß an diese Ergebnisse können wir zusammenfassen, daß sich bei der Linksbelastung des Herzens durch den offenen Ductus und seiner Korrektur deutliche Unterschiede in einem praeop. Volumenbelastungs- und postop. Druckbelastungs-EKG manifestieren.

Aus dem diskreten P-sinistrocardiale wird postop. eine normale P-Zacke, die tiefe Q-Zacke in Abl. II, III und V_6 wird wieder klein, die hohe und breite R-Zacke in V_6 wird schmaler und kleiner, eine verspätete Negativitätsbewegung in V_6 findet sich nur noch vereinzelt, die hohe und spitze T-Welle in III und V_6 wird flacher, asymmetrisch und z. T. negativ. Die Drehung der elektr. Herzachse nach links postoperativ ist signifikant.

Im Verlauf der EKG-Untersuchungen zeigten sich einige Befunde, die jedoch zu dem Thema der EKG-Veränderungen infolge der hämodynamischen Umstellung linksventrikulär keine neuen Gesichtspunkte erbringen. Sie zählen nicht zu den typischen praeop. Volumenbelastungs- oder postop. Druckbelastungszeichen und werden deshalb gesondert unter dem 5. Kapitel: Nebenbefunde behandelt.

5. Nebenbefunde

Wir fanden vor und nach der operativen Korrektur folgende sog. atypische Kurvenbilder:

a) Rechtshypertrophie vor und nach der Ductus-durchtrennung.

Bei Rechtsaurikulären Reizleitungsstörungen findet sich ein schmales, hohes P-dextrocardiale.

Ein Fall aus der Gruppe I hatte dieses dextocard. P, vgl. Tab. V, Kind Nr. 1. Eine Rechtsbelastg. kam angesichts folgender EKG-Maße der prae- und postoperativ geschriebenen Kurven zum Vorschein:

In den Elektrokardiogrammen von 3 Kindern fand sich das von Schmidt benannte P-pulmonale, also eine verlängerte u. spitze P-Zacke: in der Abl. I durchschnittlich 0,12" - 0,15", in Abl. II u. III durchschnittlich 2,5 mm hoch mit anschließend tiefer Q-Zacke.

Die Formen rsR und RS, die wir bei 3 Kindern der Gruppe I, bei einem der Gruppe II und bei 3 Kindern der Gruppe III fanden, gingen links-praekordial in die Formen RS und rS über. Die

großen S_I - R_{III} - Zacken, die bei drei Kindern mit hoher pulmonaler Hypertension zu sehen waren, traten in deutlichen Gegensatz zu den Linkshypertrophie-Ekgs.

Ein sicheres Rechtsbelastungszeichen war auch die Spitze S_{V_1} , die früher als die Spitze R_{V_6}

zur Darstellung kam. Die R- und S-Zacken waren in Abl. V_6 meist gleich groß (vgl. Schmidt). Der höchste Zeitwert des oberen Umschlagpunktes wurde mit 0.06 " gemessen und überstieg in 3 EKG's das Zeitmaß von V_6 .

Die zusätzliche dextroventriculäre Druckbelastung und eine gewisse Ischaemie prägten diese Elektrokardiogramme durch den schwachen Anstieg der ST-Strecke zu dem meist negativen oder flach positiven T rechts- und linkspraeordial (vgl. Korth und Schmidt).

Die Abb. II und III zeigen entsprechend Abb. I sämtliche wichtigen Gipfelpunkte der Elektrokardiogramme und machten deren pathologische Entwicklung zur Rechts- oder Doppelhypertrophie sichtbar. An der Dichte der Linien lassen sich wiederum die vorherrschenden Rechts- bzw. Doppelhypertrophieformen in den Ekgs erkennen.

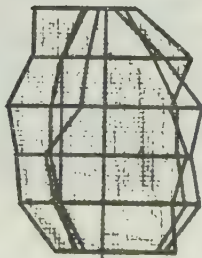
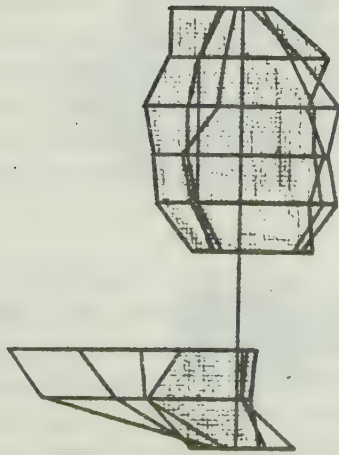
b) Kombinierte Ventrikelhypertrophie vor und nach der Ductusdurchtrennung.

Übersicht über die Reihe der Doppelhypertrophiezeichen bei 11 von 26 Kindern:

(PP') Bei 8 Kindern war das P cardiale in Abl. III doppelt und breit wie bei einem Linkshypertrophie-EKG. Der obere Umschlagpunkt war in Abl. V_1 nicht unbedingt, aber in Abl. V_6 deutlich verlängert (s. auch Vernant). In Abl. V_6 war entgegen Marsicos Befunden nach dem hohen R eine deutliche S-Zacke ausgeprägt. Hier

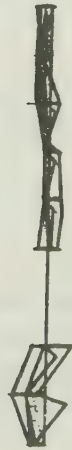
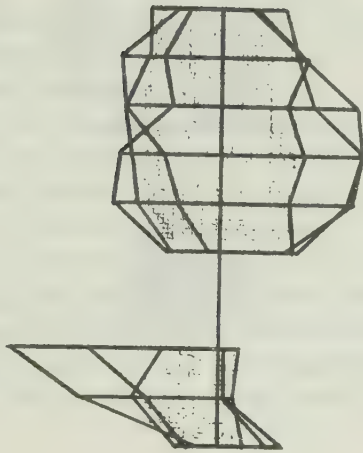
Rechtshypertrophie vor der Operation
bei 3 Kindern

Rechtshypertrophie nach der Operation
bei 2 Kindern



R-Zacken

S-Zacken

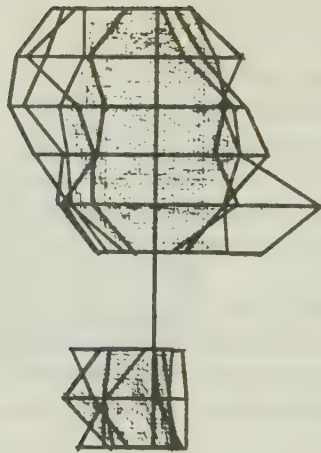
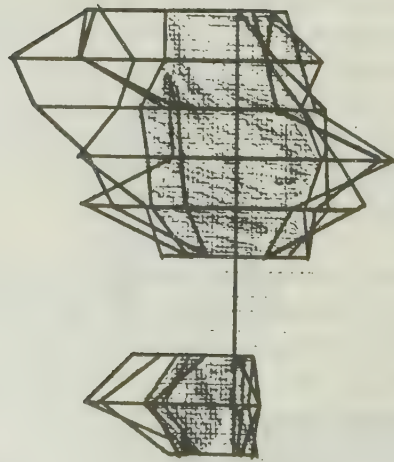


T-Wellen



↑ A Millivolt
0,1 sec.

Abb. III Darstellung der verbundenen Gipfelpunkte von R-, S-Zacken und T-Wellen bei Doppelhypertrophie
Doppelhypertrophie vor der Operation
 bei 4 Kindern



R-Zacken

S-Zacken



T-Wellen

↑ Metallknochen

ging oft eine 7 mm tiefe Q-Zacke voraus. Die Formen $R_S R'$ und R_S in V_1 gingen in V_3 in R- und S-Förmern über.

Die Verlaufsform der T-Welle war von der ersten Extremitäten- bis zur letzten Brustwandableitung mit einem flachen Tal vergleichbar: in Abl. I senkte sie sich vom positiven Bereich über die diphasische Form bis zur Abl. V_3 infolge der Druckbelastung zum negativen Bereich mit entsprechend tragem ST-Anstieg. Linkspraecordial erhob sich die T-Welle wie im Linkshypertrophie-EKG hoch und spitze über die Isopotentiallinie.

6. Q - T Intervall

Die Kammererregungsdauer (Q - T Intervall) mit den normalen Werten von 0.30 " - 0.37 " beim Kind (Heck und Störmer) ist dann verlängert, wenn das EKG entweder einen verbreiterten QRS-Komplex oder eine sehr breite T-Zacke aufweist. Beides findet man beim linksüberlasteten, hypertrophierten Herzen und bei einem erhöhten Blutdruck im großen oder kleinen Kreislauf, womit in jedem Fall bei einem offenen Ductus Botalli zu rechnen ist. (Holzmann).

Die maximale Breite betrug bei einem Kind 0.41 " und lag damit noch unterhalb des von Heck und Störmer angegebenen Grenzwertes von 0.42 ".

7. Blockformen

Nach dem elektrokardiographischen Gesamtbefund lag bei zwei Kindern der Gruppe II und III ein unvollständiger Linksschenkelblock vor. Wir fanden bei einem vierjährigen Mädchen der Gruppe 3 mit einem extrem rechtstypischen EKG neben star-

ken Rechtshypertrophiezeichen nach der Operation einen Wilsonblock (vgl. Tabl V, Nr. 24 u. S.18 a,b) Die geringfügige Leitungsstörung des unvollständigen Rechtsschenkelblocks, die von Heck und Störmer bei 28 % herzgesunder Kinder festgestellt wurde, machte sich bei 5 von 26 Fällen bemerkbar. An typischer Stelle waren QRS- und ST-Veränderungen festzustellen. In zwei Fällen standen die ischaemischen Zeichen und die intraventrikulären Reizausbreitungsstörungen bei der letzten Untersuchung mit dem sonst unauffälligen Kurvenverlauf nicht in Einklang. Diese intraventrikulären Reizausbreitungsstörungen waren bei weiteren 6 Kindern nach der Operation immer wieder durch eine Splitterung des QRS-Komplexes auffällig.

8. 12 EKG-Befunde, einige Zeit nach der Ligatur
des Ductus Botalli erhoben

1962, sechs Monate bis 5 Jahre nach der Operation, untersuchten wir die Ekgs von 12 Kindern. Dabei kamen wir zu folgenden Ergebnissen: Es zeigte sich, daß die Ekg-Kurven der Kinder zu einem Drittel physiologisch waren.

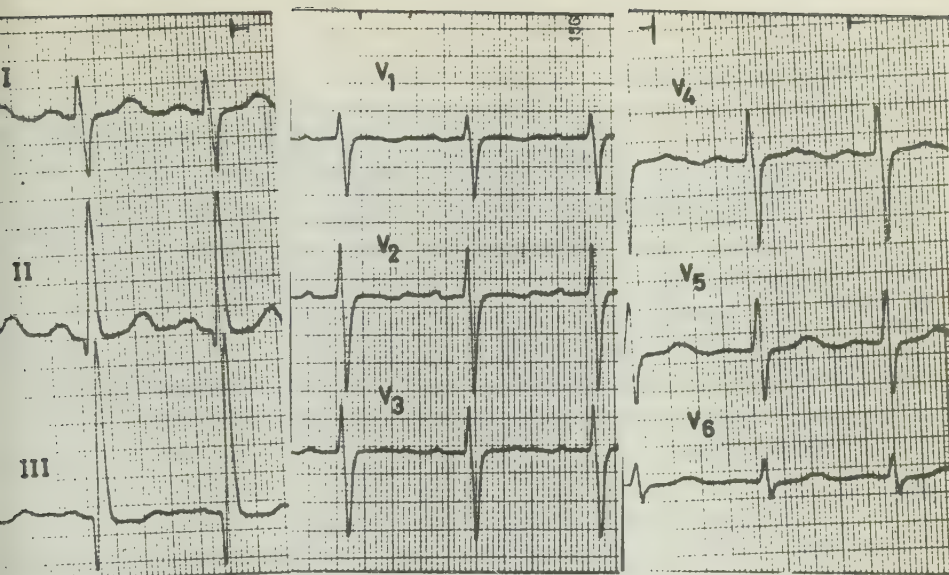
Die Kinder standen vor der Operation

1. in 7 Fällen unter dem Zeichen einer zunehmenden Linkshypertrophie
2. In 3 Fällen unter den Zeichen einer starken Doppelhypertrophie
3. in 2 Fällen unter den Zeichen einer Rechtshypertrophie.

Besprechung der 12 Elektrokardiogramme bezüglich
ihrer Veränderung in dieser postoperativen Zeitspanne.

Zu 1. (7 von 12 Kindern)

Die Zeichen, die für eine zunehmende Linkshypertrophie sprachen, wurden in 2 Ekg-Bildern



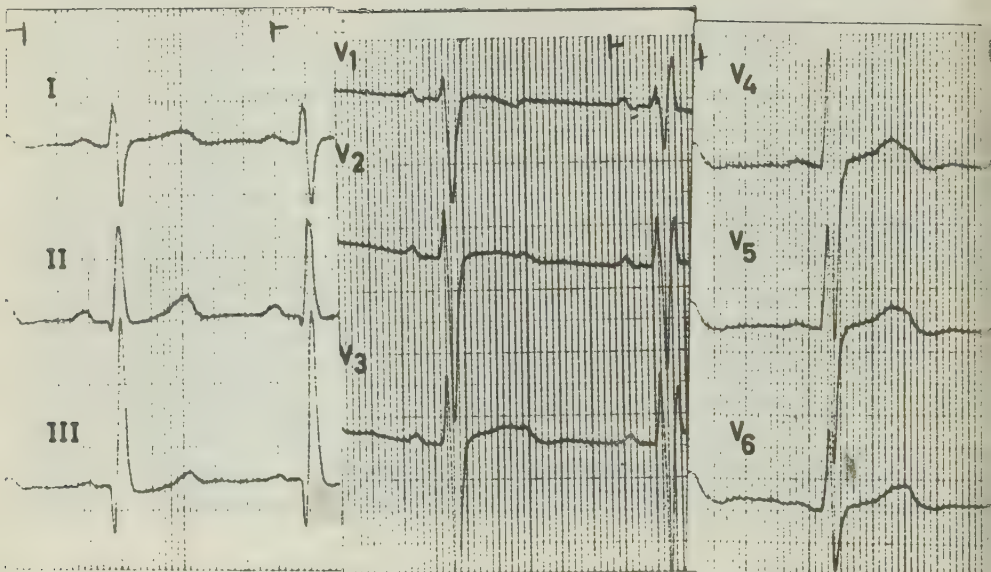
a)

Kind Nr. 24

a) C.L., EKG eines 3 1/2 j. Mädchens vor der Operation aus Gruppe 3. Rechtstyp 112 °. Rechtsüberlastung mit Überlagerter Linkshypertrophie ohne Rechtsverspätung. QRS-T Winkel pathologisch vergrößert.

b) nach der Operation: Zunehmende Linksbelastung. Wilsonblock. Übergangszone noch stark nach links verschoben. Es fehlt die physiologische Linksbelastung.

1/2 J. später: erhebliche Rechtshypertrophie. Wilsonblock. Repolarisationsstörung. Myocardstoffwechselschaden.



b) C. L.

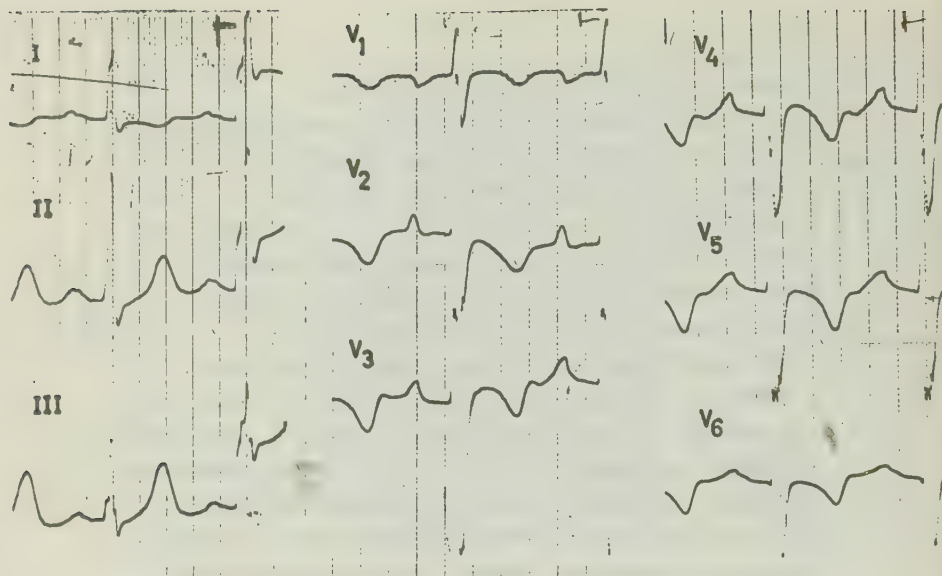
vermißt (vgl. Tabl. V, Nr. 2 und 3).

Bei beiden Mädchen zeigten sich noch die schon S. 18 beschriebenen, geringen Myocardstoffwechsel- bzw. ^R eizausbreitungsstörungen (QRS-Knotungen in den Abl. I, V₄ - 6 und Zeichen der ischaemischen Erregungsendphase). Damit war bei beiden außerdem ein unvollständiger Rechtsschenkelblock gekennzeichnet.

Die erhebliche Linkshypertrophie eines Zweijährigen, dessen anatomische und elektrische Herzachse bei 37 Grad lag (Tabl. V Nr. 17), hat sich im großen und ganzen zur physiologischen Linkshypertrophie zurückgebildet. Die PQ-Intervallverkürzung mit dem flachen bis negativen P-sinistrocardiale in den EWA sprach für eine auriculäre Reizleitungsstörung, die auch schon vor der Operation bestanden hatte. (Seite 19,c,d)

In den 3 Jahren nach der operativen Korrektur veränderte sich das Bild der starken Linkshypertrophie eines anderen Kindes nicht im mindesten. Angesichts des gesplitterten QRS-Komplexes, der verspäteten Negativitätsbewegung und der großen R-Zacken über dem linken Herzen wird man von einer irreparablen Linkshypertrophie sprechen müssen (S. 19a,b u. Tab. V, Nr. 26). Gewisse Rechtsbelastungszeichen erinnerten einmal an die vorangegangene Doppelhypertrophie und die flache Erregungsendphase in Abl. I, zum anderen an den zu hohen Blutdruck. Außerdem hat das Kind einen ausgeprägten Linkstyp und eine Aorta dextra.

Die EKG-Kurve des 5. Kindes zeigte auch keine wesentliche Besserung, hier machte die elektrische Herzachse nur eine geringe Wendung nach links (Tab. V, Nr. 4).



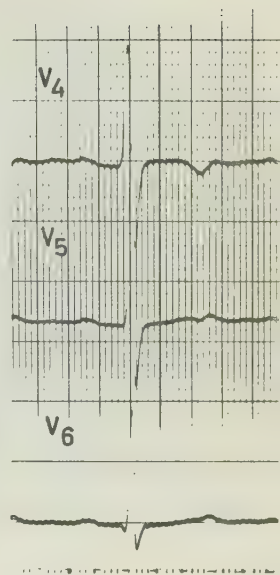
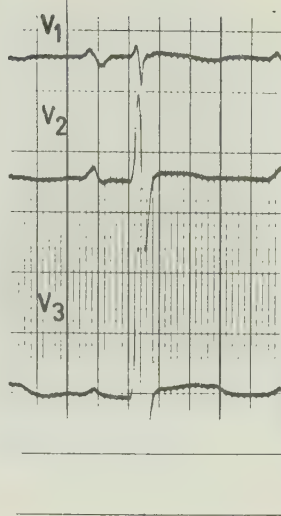
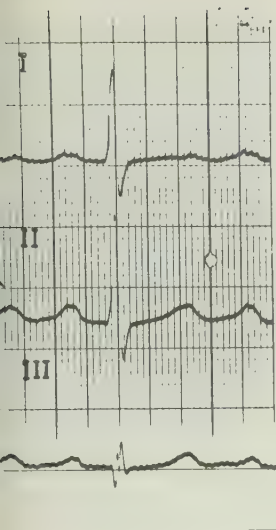
a)

Kind Nr. 26

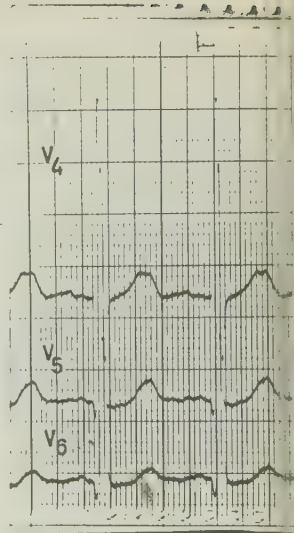
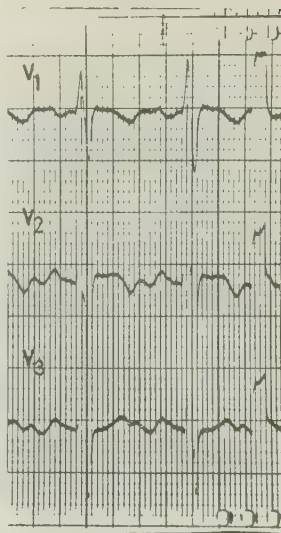
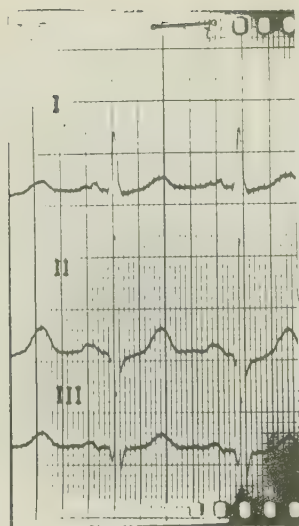
a) J.R. EKG eines 8 j. Mädchens aus Gruppe 3 vor der Operation. Normaltyp 67 °. Aorta dextra. Doppelhypertrophie. Highvoltage. Schlüsselform, Übergangszone erst in V₅. Hypoxie.

b) Nach der Operation. Erhebliche Linkshypertrophie. Angedeuteter Linkstyp 40 °. Übergangszone nach rechts verschoben.

Nach 3 J. Keine Besserung. Linkstyp 33 °. Irreparable Linkshypertrophie.



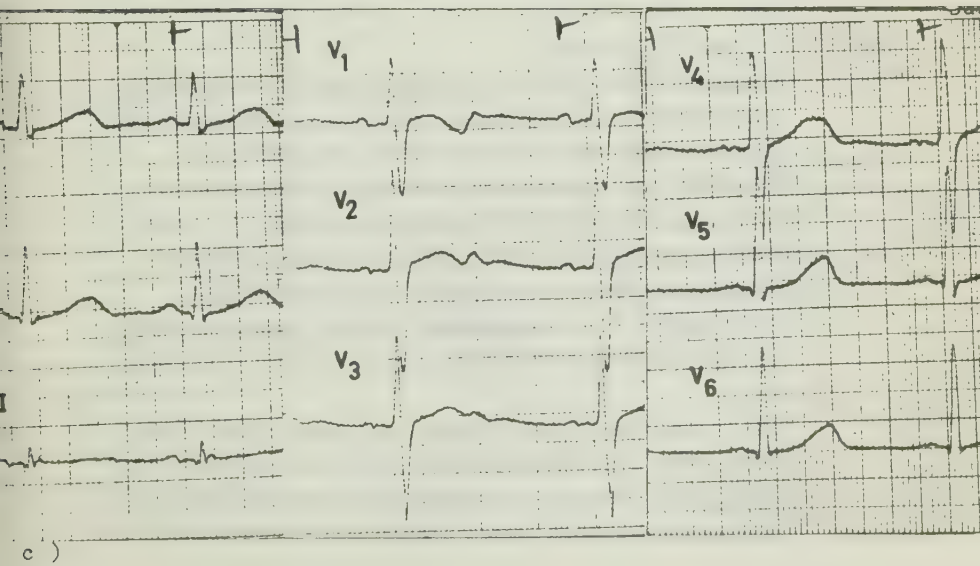
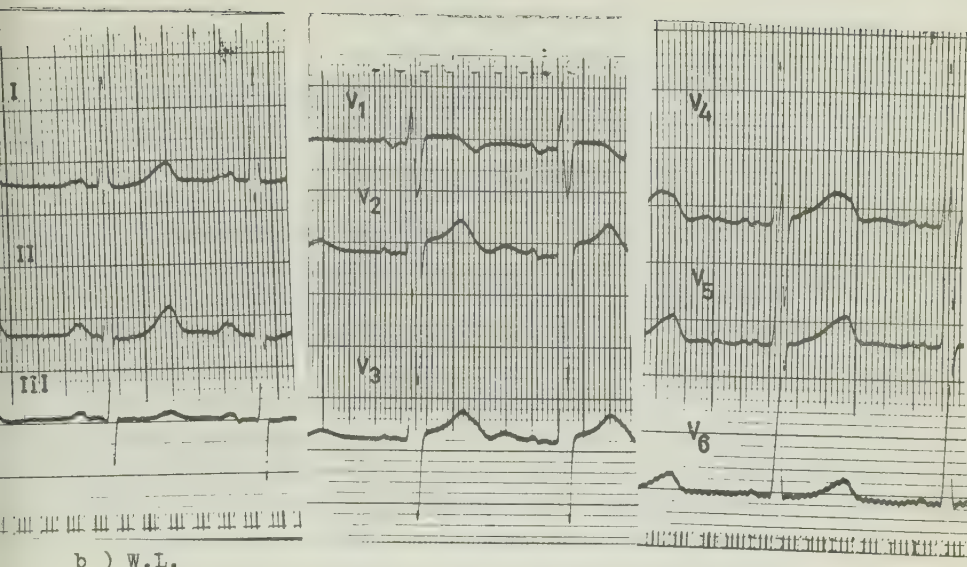
b) J.R.



a)

Kind Nr.17

- a) W.L. EKG eines 1 1/2 j. Knaben vor der Operation. Normaltyp 60 °. Bleistiftdicker Ductus. Doppelhypertrophie. Für dieses Alter erhebliche Linkshypertrophiezeichen.
- b) Nach der Operation. Angedeuteter Linkstyp 40 °. Kaum gebessert, starke Linkshypertrophie.
- c) Nach 3 J. Linkstyp 37 °, Rückgang der Rechtsbelastung. Normalsisierung zur physiologischen Linksbetonung.



Zu 2.

(3 von 12 Kindern)

Auf dem Boden einer Doppelhypertrophie bildeten sich bei einem 10-jährigen Jungen die Linkshypertrophiezeichen stärker aus. Dabei waren aber noch deutliche Rechtshypertrophiezeichen, vor allem rechtspraecordial, in Form einer verspäteten Negativitätsbewegung und zu hohen R-Zacken festzustellen. Die elektrische Herzachse lag am Rande des ersten Sektors bei 7 Grad (Tab. V, Nr. 14, S. 20 a und b)

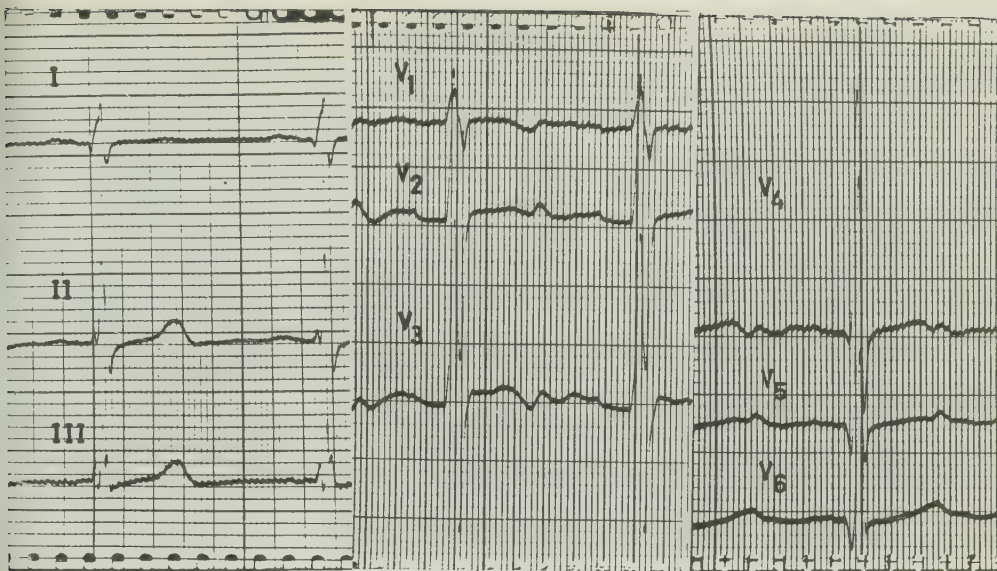
Das linkstypische EKG des bei der Operation 1 Jahr alten Jungen zeigte nach 3 Jahren noch eine stark ausgeprägte Doppelhypertrophie, jedoch ohne Hypoxiezeichen (Tab. V, Nr. 13): P-cardiale, über beiden Ventrikeln verspätete Negativitätsbewegung durch eine RSR-Form, häufig negative T-Wellen. (S. 20 c,d)

Beim 3. Kind fanden sich positive Ergebnisse. Das Bild gab außer leichten Reizausbreitungs- und Rückbildungsstörungen und der üblichen ST-Streckensenkung in den Abl. II und III keinen Anhalt für pathologische Verhältnisse (Tab. V, Nr. 1).

Zu 3. (2 von 12 Kindern)

Die Amplituden beider rechtstypischen EKG-Kurven waren sehr klein (Tab. V, Nr. 24 und 25). Sie trugen nach wie vor Zeichen einer ausgeprägten Rechtshypertrophie, hypoxaemischen Myocardstoffwechselstörung und eines Wilsonblocks. Die Herzaktion war unregelmäßig. Für diese Rechtshypertrophie sprachen die kleine R_I und die hohe R_{III} -Zacke, ein verspäteter oberer Umschlagspunkt und ischaemische T-Wellen über beiden Ventrikeln.

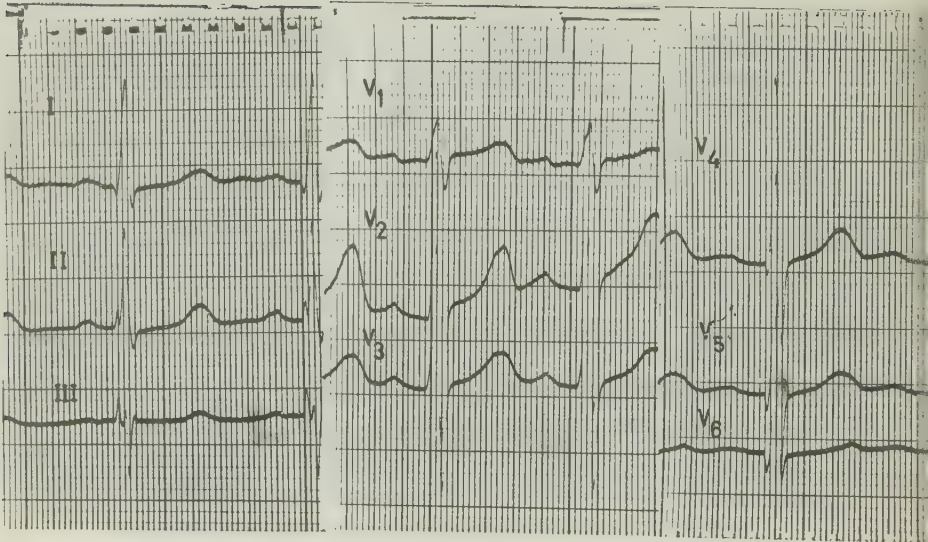
Alle diese Tatsachen lassen auf eine erhebliche pulmonale Gefäßveränderung schließen. Es ist möglich, dass die jetzt latenten linksseitigen Druckbelastungszeichen eines Tages wieder mehr in



a)

Kind Nr. 14

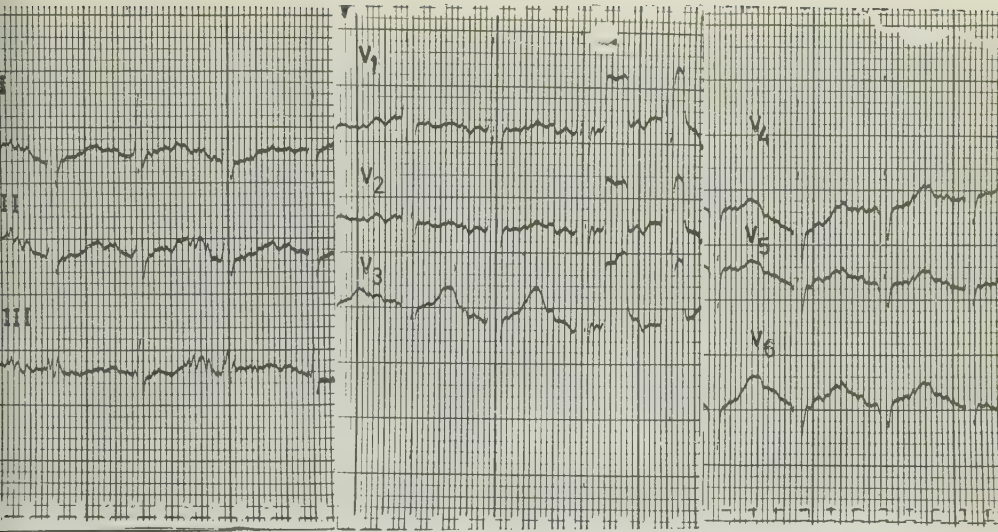
- a) M.W. EKG eines 7 j. Knaben aus Gruppe 2 vor der Operation. Normaltyp 70 °.
Röntgenologisch allseits verbreitertes Herz. Großer Ductus evt. kombiniert mit Ventrikelseptumdefekt. Schwere Doppelhypertrophie. Störung in der Erregungsausbreitung (Hauptschwankungen aufgesplittert). Zeichen der Anpassungsdilatation. Highvoltage.



b)

b) Linkstyp 20 °. Gegenüber vor der Op. starke Zunahme der Linkshypertrophiezeichen. Rückgang der Rechtsbelastung. Kurve über der Isoelektrischen Linie, schwere Doppelhypertrophie. Anhaltend Highvoltage.

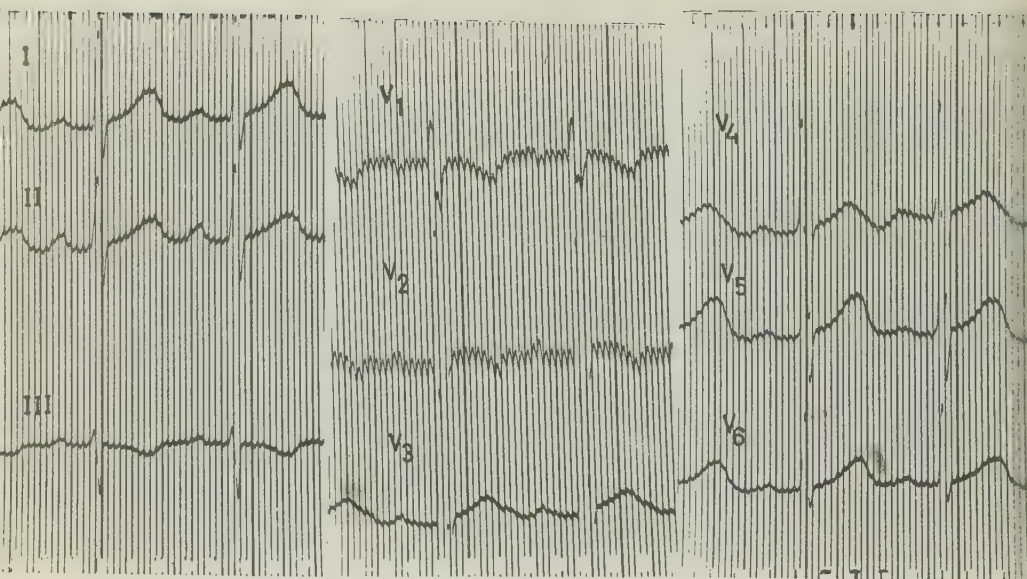
Nach 3 J. Linkstyp 7 °. Immer noch Doppelhypertrophie, weiter zunehmende Linkshypertrophie.



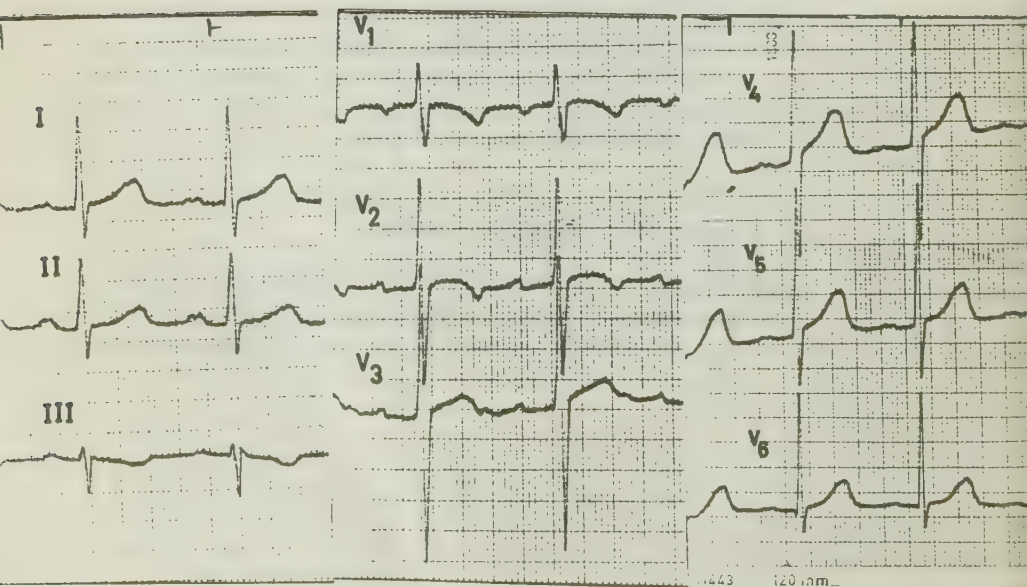
a)

Kind Nr. 13

- a) A.F. EKG eines 6 Mon. alten Knaben aus Gruppe 2 vor der Operation. Breiter Ductus. Normaltyp 53° . Charakteristischer praeoperativer Kurvenverlauf mit typischen Volumenbelastungszeichen. Physiologische Doppelhypertrophie.
- b) Angedeuteter Linkstyp 39° nach der Operation. Immer noch Doppelhypertrophie.
- c) Nach 2 J. Linkstyp 24° . Keine wesentliche Änderung gegenüber b) starke Doppelhypertrophie ohne Hypoxiezeichen. Kurve liegt über der isoelektrischen Linie.



b) A.F.



c)

Vordergrund treten.

Die bei den 12 Kindern gemessenen Blutdruckwerte lagen alle über dem Normalwert. Der Mitteldruck erfuhr durchschnittlich eine Erhöhung von 24 mm Hg (vgl. auch Abb. B). Außerdem zeigte sich bei 75 % der Kinder wie vor der Operation ein positives, spitzes T in den Abl. II, III $V_3 - V_6$.

Zusammenfassend fanden wir bei der Nachuntersuchung 3 normale Ekgs, von geringfügigen Reizausbreitungsstörungen abgesehen. Bei zwei Ekgs war keine wesentliche Änderung gegenüber vor der Operation eingetreten. Bei 2 Kindern stellten wir eine irreparable Linkshypertrophie fest. Bei 1 Kind bildete sich eine Doppelhypertrophie in eine Linkshypertrophie aus. Dasselbe geschah bei einem anderen Kind in umgekehrter Weise, wobei die Negativitätsbewegung in V_1 und V_2 verspätet eintrat. Ein praeoperatives Doppelhypertrophie-EKG zeigte nun einen normalen Kurvenverlauf, zwei Rechtshypertrophie-Ekgs veränderten sich nicht. Sie trugen Zeichen von Myocardstoffwechselstörungen mit rechts-praecordialer verspäteter Negativitätsbewegung.

Eine Analyse der elektrocardiographischen Daten in jeder Gruppe fassen die Tabellen VI, VII und VIII unter dem Aspekt der einzelnen Hypertrophiezeichen, die mit mindestens 20 % auftraten, zusammen. Jedes Kriterium wurde zunächst mit dem Zahlenwert der normalen Form, Dauer oder

Höhe einer Zacke versehen (die Werte entstammen den Tab. der EKG-Zackenwerte bei Kindern aus dem Päd. EKG-Atlas von Heck u. Störmer 1959). Außerdem wurde jeweils der niederste oder höchste Wert der Betreffenden Zacke bei einem unserer Kinder vermerkt und zugleich die Möglichkeit zu einem Vergleich mit der Tab. V gegeben.

III . DISKUSSION

Der Ductus Botalli bedeutet für den linken Herzmuskel eine vermehrte Volumenbelastung, da arterielles Blut durch den Ductus verloren geht und durch ein Blutüberangebot ersetzt werden muß. Diese Volumenbelastung entsteht ähnlich wie bei der Mitral- und Aorteninsuffizienz durch erhöhten Blutdurchfluß.

Die Volumenbelastung wird durch die Ligatur in eine Druckbelastung verwandelt, da der Querschnitt der Ausflußbahn kleiner geworden ist. Es kommt daher zu einer Erhöhung des aortalen Mitteldrucks. Wir können die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale gegenüberstellen:

<u>Typische Volumenbelastungs-</u> <u>zeichen praeop. im EKG</u>	<u>Druckbelastungs-</u> <u>zeichen postop.</u>
<u>diskretes P-sinistrocordiale!</u>	<u>normale P-Zacke</u>
<u>tiefe Q-Zacke in II, III u. V₆</u>	<u>Verkleinerung</u>
<u>hohe u. breite R-Zacke in V₆</u>	<u>" und Verschmälg.</u>
<u>O.U.P. in V₆ verspätet</u>	<u>nur noch vereinzelt</u>
<u>hohe u. spitze T-Welle in III u. V₆</u>	<u>Abflachung, Asymmetrie</u> <u>z.T. Negativität</u>

Signifikant ist die Abweichung der el. Herzachse nach links. postop. Das Ausmaß der Linkshypertrophie vor der Operation hängt vom Durchmesser des Ductus, der mit zunehmendem Alter des Kindes relativ kleiner wird, ferner von der Größe der Pulsamplitude (Ziegler) und vom transduktalen Druckgradienten, d.h. dem Widerstand in den Lungenkapillaren ab (Schmidt). Es kann infolge des erhöhten Blutvolumens, das durch den Ductus in die Lunge strömt und durch einzelne ungeklärte Faktoren (erhöhter Widerstand in den Lungenkapillaren) eine pulmonale Hypertonie verschiedenen Grades entstehen.

Beim Ductus-Botalli-EKG kommt dies deutlich in einem diskreten P-sinistrocardiale zum Ausdruck, welches nie das Ausmaß eines P-mitrale hat. Bei erhöhtem Blutdurchfluß, wie im Falle des Vitiums unserer Kinder oder der Mündungsanomalie von Lungenvenen, wird P nicht so monströs wie beim Pendelblut der Mitral-Insuffizienz (vgl. Schmidt). Bei der "relativen Mitralstenose", wie sie bei unseren Kindern unter dem erhöhten Blutangebot im linken Vorhof vor der Op. vorliegt, sprach man auch schon von einem P-Pseudomitrale (Schmidt u.a.). Ein in der Morphologie abnormes P weist aber immer auf ein Krankheitsbild hin (vgl. Holzmann). Bei linksauriculären Reizleitungsstörungen (6 Fälle) findet sich ein flaches P-sinistro-cardiale.

Ziegler beobachtete bei seinen Ductus Botalli-Fällen röntgenologisch nie eine Vorhofsvergrößerung und gleichzeitig elektrocardiographisch ein breites P.

Wir jedoch fanden bei allen drei Gruppen das verbreiterte, doppelte diskrete P-sinistro-cardiale in Abl. I, II und III und die diphasischen hohen Ausschläge in den Abl. V_1 und V_2 .

Hähnel fand öfters bei einem pulmonalen Druck von 30 - 50 mm Hg eine Zackenhöhe von P in Abl. V_1 mit 9 - 11 mm, die jedoch bei keinem unserer Kinder annähernd erreicht wurde. Nach der Operation sollte die P-Zacke weider normal, also kurz und klein sein. Wir beobachteten, daß meist aber die praeoperative Form außer bei 4 Ekgs beibehalten wurde.

Jede Volumen- und Druckbelastung mit nachfolgender Hypertrophie geht mit Verbreiterung, Knotung oder Einkerbung des QRS-Komplexes einher, die nach

Rückgang dieser Belastung wieder verschwinden. Vergleiche dazu Cabreras Versuch mit abwechselnder Abklemmung und Wiedereröffnung eines arterio-venösen Aneurysmas mit Hilfe des Röntgen-schirms und EKG-Gerätes:

Vergrößerung des Herzschattens - Verbreiterung der QRS-Gruppe.

Verkleinerung des Herzschattens - Verschmälerung derselben.

Ist der Druck klein, so wird allerdings QRS kaum verändert. Bei unseren Kindern nahm der QRS-Komplex in den Abl. V_5 und V_6 vor der Operation eine breite Fläche ein, die R- und S-Zacken zeigten eine hohe Spannung. Nach der Operation wurde die R-Zacke in Abl. V_6 kleiner.

Eine QRS-Knotung bei Kindern ist nur dann pathologisch, wenn sie in zwei Extremitätenableitungen spitzennah in 0,5 mV hohen Ausschlägen auftreten (Heck und Störmer). Die Knotung oder Splitterung des QRS-Komplexes rechtspraecordial ist nach Reindell und Klepzig bei Jugendlichen häufig.

In den linkspraecordialen Ableitungen sind die R-Zacken der Dilatation praeoperativ entsprechend hoch und breit. Für diesen Befund gibt es zwei Ursachen: 1) die bestehende Hypertrophie, 2) die Herzspitze kommt im Thorax nach vorn zu liegen (Hähnel). Da die Volumen-Belastung nach der Ductusdurchtrennung zurückgegangen war, konnten wir eine Verschmälerung des QRS-Komplexes beobachten. (vgl. auch Cabrera).

In der Abbildung I haben wir die deutliche Überhöhung der R- und S-Zacken bei Linkshypertrophie und der

Rückgang der Amplitude nach der Operation im Vergleich mit der schraffierten Fläche von Werten herzgesunder Kinder besonders in den Ableitungen $V_4 - 6$ veranschaulicht.

Durch die Amplitudenverkleinerung manifestiert sich eine gewisse Potentialschwäche des hypertrophierten Muskels (Holzmann). Bei den Relationskurven, die das prozentuale Verhältnis von $\frac{R}{R+S}$ wiedergeben, liegt die Übergangszone normalerweise zwischen V_3 und V_4 und hat bei der physiologischen Linkshypertrophie des Erwachsenen und Kindes einen steilen Verlauf.

Bei Linksüberlastung befindet sie sich etwa zwischen V_2 und V_3 , sie ist also nach rechts verlagert. Dementsprechend verhält es sich bei der Rechtsbelastung, die Übergangszone liegt zwischen V_4 und V_5 . Verläuft die Kurve über der isoelektrischen Linie und zeigt sie eine Schüsselform, so handelt es sich um eine Doppelhypertrophie. (Vgl. dazu die Relationskurve S. 7 a, Bild 3 und das J.R. gehörende EKG S. 19a u. b)

An Form und Höhe von T sind zwei sich entgegengerichtete Kräfte tätig (Schmidt).

- a) ein erhöhtes Schlagvolumen (Tendenz zur Positivität)
- b) die Hypertrophie (Tendenz zur Negativität)

Auf Grund der pulmonalen Hypertension fanden wir eine hohe T-Welle in den Ableitungen II, V_5 und V_6 , niedere Ausschläge in den Abl. V_1 und V_2 und nach der Operation eine flache asymmetrische T-Welle in den Ableitungen III, V_5 und V_6 .

Nach Cabrera, Sodi-Pallares und Schmidt ist die T-Welle in V_5 und V_6 typisch noch und spitz mit und ohne ST-Erhebung, da das Herz ein erhöhtes Schlagvolumen zu bewältigen hat. Diesen typischen Verlauf konnten wir auch bei mehr als der Hälfte der Kinder beobachten. Als ischaemischer Typ fand sich rechtspraecordial eine flache T-Welle und zwar nicht nur bei Kindern mit pulmonaler Hypertension, sondern auch bei solchen mit normalen pulmonalen Druckverhältnissen (vgl. auch Ergebnisse von Sodi-Pallares).

In enger Beziehung mit dem T-Wellenverlauf steht die ST-Strecke. ST-Verlagerungen über oder unter der Iso-potentiallinie sind nur dann pathologisch, wenn sie mehr als 0.1 mV betragen. Eine ST-Erhebung findet sich bei Rückbildungsstörungen (Heck und Störmer). Der träge Anstieg der negativen ST-Strecke und der knickförmige Übergang zu einem positiven T in den Ableitungen II und III V_5 und V_6 verrät schon eine Myocardstoffwechsel- und Repolarisationsstörung geringen Grades (Katz). Dies konnten wir bei 21 Kindern aller drei Gruppen beobachten.

Die Zeitbestimmung des oberen Umschlagpunktes (Intrinsicoid deflection time) in den BWA ist sehr wichtig, da er mit der Hypertrophiestärke, dem Verlauf der Vektorschleife, der Größe und des QRS-T Winkels, dem Lagetyp und schließlich mit der Lage des Herzens im Thorax in Zusammenhang steht (Grant). Wir verweisen auf die zuständigen Arbeiten über den typischen Schleifenverlauf bei der Linkshypertrophie von Gardberg, Ashman, Kimura. Bei Linkshypertrophie ist in Abl. V_6 gegenüber der rechtspraecordialen

Abl. eine verspätete Negativität festzustellen, die QR-Zeit ist verlängert, der betreffende Herzteil wird verspätet erregt. Dies braucht zunächst noch keine Schädigung zu bedeuten. An eine massive Hypertrophie mit Reizausbreitungsstörung ist jedoch zu denken, wenn die Differenz $QR V_6 - QR V_1$ 0,031 " überschreitet, was bei 2 Kindern nach der Operation der Fall war.

Die Drehung der elektrischen Herzachse nach links steht im Zusammenhang mit der postoperativen Druckbelastung des linken Ventrikels, wie Abb. A zeigt. Da sich eine Druck- oder Volumenhypertrophie sowie eine Erregungsverspätung am rechten Ventrikel als dem muskelschwächeren im EKG stärker als am linken Ventrikel auswirkt, fanden wir auch bei fünf von 26 Kindern aus Gruppe 1 und 3 Rechtshypertrophiezeichen. Es gibt Fälle, bei denen die Rechtshypertrophiezeichen gewissermaßen die Linkshypertrophiezeichen maskieren, wie es Sodi-Pallares nannte.

Bei Kindern mit einer pulmonalen Hypertonie kann sich eine Adaptationshypertrophie des rechten Ventrikels einstellen, (Schmidt) die wir auch von der Mitralstenose her kennen. So kann das EKG mit der Zeit rechtstypisch werden. Eine derartige Doppelhypertrophie bedeutet eine Erhöhung des Operationsrisikos. Ziegler konnte 1952 bei den Kindern mit einem Ductus Botalli allerdings zwischen EKG und pulmonaler Hypertonie keine Relation finden, da die Ekgs in der Mehrzahl Linkshypertrophiezeichen aufwiesen.

Die kombinierte Ventrikelhypertrophie unserer Kinder vor und nach der Ductusdurchtrennung.

Für diese Doppelhypertrophie mögen 2 Gründe sprechen:

1. Die Umwandlung der foetalen Lungengefäße in das Gefäßsystem des reifen Organismus ist verzögert. Dies entspricht einem hohen pulmonalen Gefäßwiderstand.
2. Durch den Links-Rechts-Shunt im Ductus entsteht im kleinen Kreislauf eine Hypervolumaemie und schließlich ein mehr oder weniger starker Überdruck, der zur Druckbelastung des rechten Ventrikels führt.

Daraus ist zu ersehen, daß sich je nach Anpassung des Herzmuskels an die Haemodynamik Niederschläge im Ekg finden und als Hypertrophiezeichen unterschiedlichen Grades zum Vorschein kommen. Es verschwinden die typischen Rechts- oder Linkshypertrophiezeichen, weshalb sich auch durch dieselben haemodynamischen Veränderungen viele Ekg-Bilder von Ductus Botalli und Ventrikelseptumdefekt gleichen.

Blockformen

Holzmann konnte eine Rechtshypertrophie mit einem klassischen Rechtsschenkelblock ausschließlich nur bei Shuntumkehr oder bei einer Kombination mit anderen Herzfehlern beobachten. Bei unseren Kindern jedoch, wovon keines einen Rechts-Links-Shunt aufwies, hatten 2 nach der Operation eine schwere Rechtshypertrophie mit einer Rechtsverspätung.

Schmidt spricht von der Möglichkeit einer sekundären Dilatation. In anbetracht des geschädigten Herzmuskels kann sich u.U. ein erhöhtes Restvolumen ansammeln, dem sich der hypertrophierte Herzmuskel durch Dilatation anpasst. Tatsächlich tauchten in den Kurven zweier Ekg-Bilder Zacken auf, die an einen ähnlichen Zu-

stand des Herzens vor der Operation denken ließen. Tab. V Nr. 15 und 16). Außerdem zeigte die Spannungsgröße in einem der beiden Elektrokardiogramme eine unphysiologische Linkshypertrophie an.

Eine aufschlußreiche Übersicht der Entwicklung jedes Kindes bezüglich der Hypertrophieart und Kombinationsmöglichkeit mit Reizleitungs- und Repolarisationsstörungen, (sowie der sichtbaren Myocardstoffwechselschäden, der Ausdrucksformen durch Druck~~er~~höhung im großen und kleinen Kreislauf und einer sekundären Volumenbelastung) veranschaulichen die Tab. II-V.

Die Kinder wurden unter Berücksichtigung der Druck~~er~~höhung im Lungenkreislauf nummeriert. Ein kurzer Überblick über das Alter der Kinder, in dem sie sich den Untersuchungen unterzogen und ihrer Gruppenzugehörigkeit, zeigt, daß keinerlei Beziehungen zwischen Alter und pulmonaler Druck~~er~~höhung bestanden, wie einige Autoren annahmen (Marsico 1955 etc.). Ebenso muß die Erscheinung eines unvollständigen Rechtsschenkelblocks nicht unbedingt mit einer pulmonalen Hypertension oder einer Hypertrophie des rechten Ventrikels zusammenhängen, wie die EKG-Kurven der Nr. 2 und 3 zeigen. Besondere Beachtung verdienen die elektrokardiographischen Darstellungen der sehr jungen Kinder Nr. 17 und 18. Sie tragen beide schon intensive Linkshypertrophiezeichen. (S. 19 c)

Sehr eindrucksvoll sind die EKG's der Nr. 1, 2, 3 und 15, bei denen die schweren Links- oder

Doppelhypertrophiezeichen innerhalb 2 - 5 Jahre aus den EKG verschwunden sind. Die deutliche postoperative Schwenkung der QRS-Achse nach links kann bei jedem Kind verfolgt werden (vgl. S. 137).

(Sinnauriculäre Reizleitungsstörungen wurden ausschließlich bei den Kindern mit leichten oder schweren Linkshypertrophiezeichen gefunden).

IV. Tabellarische Übersicht
über die Entwicklung der Hypertrophie
und ihren Nebenerscheinungen in allen 3 Gruppen
und Zeitabschnitten.

=====

Tab. II

Vor der Operation

	L _s	L _m	B	M	R _m o.R.	R _s m.R.	R	G	D	F,E	C	N
Gruppe 1 12 Kinder	15	20	4	-	-	-	-	-	-	4	-	7
Gruppe 2 8 Kinder	20	4	7	8	-	-	8	12	-	8	-	-
Gruppe 3 6 Kinder	-	8	4	8	11	-	4	8	-	4	4	-
vor der Op. zus.:	67	15	16	11	0	12	20	0	16	4	7	

Tab. III

Nach der Operation

	L _s	L _m	B	M	R _m o.R.	R _s m.R.	R	G	D	F,E	C	N
Gruppe 1	23	13	8	4	-	-	4	4	-	-	-	4
Gruppe 2	8	12	8	4	-	-	-	-	4	-	4	-
Gruppe 3	4	8	4	4	-	8	8	4	-	4	-	-
nach der Op. zus.:	68	20	12	0	8	12	8	4	4	4	4	4

Tab. IV

Im Abstand v. 2 - 5 Jahren nach der Operation.

	L _s	L _m	B	M	R _{m.o.R.}	R _{s.o.R.}	R	G	D	F,E	C	N
Gruppe 1 4 Kinder	-	8	-	16	-	-	8	16	-	16	-	24
Gruppe 2 5 Kinder	9	17	9	-	-	-	-	-	-	-	-	8
Gruppe 3 3 Kinder	8	-	-	16	-	17	8	-	-	8	-	-
zusammen:	42	9	9	32	0	17	16	16	0	24	0	32

Text zu den Tabellen II - IV

Die Zahlen geben denprozentualen Anteil in jedem Zeitabschnitt an.

- L_s = Schwere Linkshypertrophie
- L_m = mäßige Linkshypertrophie
- B = Doppelhypertrophie
- M = hypoxaemische Myocardstoffwechselstörung
- R_{m.o.R.} = mäßige Rechtshypertrophie ohne Rechtsverspätung
- R_{s.o.R.} = schwere Rechtshypertrophie mit Rechtsverspätung
- E = Wilsonblock
- R = Repolarisationsstörung
- F = unvollständiger Rechtsschenkelblock
- N = weitgehend normale Werte
- G = intraventrikuläre Reizausbreitungsstörung
- D = Linksschenkelblock
- C = unvollständiger Linksschenkelblock.

Tab. V

Übersichtstabelle elektrokardiographischer
Aussagen über 26 Kinder

Kind Nr.	Gruppe	Alter u. Geschl.	pulm. Druck bis zu:	vor Op.	nach Op.		nach Jahren	
				QRS-Hyper- Achse troph.- zeichen	QRS- achse	Hyper- trophie- zeichen	QRS- achse	Hyper- trophie- zeichen
1	I	4-7 ♂	30 mm Hg	+95 L _s (PQ)	+ 90 B		+ 90 N (Q,M,R)	
2	I	11½ - 15½ ♀	30	+ 73 B(G,F)	+ 70 L _s (PQ)		+ 68 N (F,G)	
3	I	2½ - 4½ ♀	30	+ 75 L _m	+ 60 L _s		+ 74 N(F,M)	
4	I	9 - 13 ♀	30	+ 85 L _m	+ 90 L _s		+ 86 L _m	
5	I	14 - 14½ ♀	30	+ 60 L _m	+ 63 L _s (M)			
6	I	8 - 8½ ♀	30	+ 80 L _s (PQ)	+ 85 L _m			
7	I	10½ - 10½ ♂	30	+ 60 N	+ 65 L _m			
8	I	11 - 11½ ♂	30	+ 45 L _m	+ 45 N			
9	I	2 - 2½ ♀	30	+ 73 L _s	+ 30 B(R _m)			
10	I	3½ - 4¼ ♀	30	+ 80 L _m	+ 35 L _s			
11	I	6½ - 6½ ♀	30	+ 66 N	+ 45 L _m (R,PQ)			
12	I	12½ - 12½ ♀	30	+ 60 L _s	+ 45 L _s (G,B)			
13	II	½ - 3 ♂	60	+ 53 B	+ 39 B (C)		+ 24 B	
14	II	7 - 10½ ♂	60	+ 70 B(G,F)	+ 20 B		+ 7 L _s	
15	II	11½ - 16½ ♀	60	+ 67 L _s (B,G,M)	+ 45 L _m		+ 40 N (S.V)	
16	II	3½ - 8½ ♀	60	+ 70 L _s (PQ)	+ 75 L _m		+ 78 L _m (S.V)	
17	II	1¾ - 4¾ ♂	60	+ 60 L _s (PQ)	+ 40 L _s		+ 37 L _m (PQ)	
18	II	1½ - 1½ ♀	60	+ 73 L _s ! (M,PQ,B)	+ 50 L _s (M,PQ,B)			
19	II	7½ - 7½ ♂	60	+ 80 L _s (R,G)	+ 40 L _m (D)			
20	II	3 2/12 ♀	60	+ 44 L _m (R,F,M)	+ 40 B			
21	III	4 1/12 - 5 2/12 ♀	90	+ 72 L _m (G)	+ 45 L _m (R,G)		+ 87	
22	III	2 2/12 - 2 4/12 ♀	90	+ 70 L _m (F)	+ 47 L _m			
23	III	3 10/12 - 4 3/12 ♀	90	+ 95 R _m (L)	+ 95 B(M,R)			
24	III	3 6/12 - 4 10/12 ♀	90	+ 112 R _m (L)	+ 115 R _s		+ 94 R _s (R,N)	
25	III	8 1/12 - 9 6/12 ♀	90	+ 100 R _m (L,B,M)	+ 115 R _s (L)		+ 110 R _s (M,B)	
26	III	8 - 12 1/12 ♀	90	+ 67 B(M,G,C,R)	+ 40 L _s		+ 33 L _s (R _m)	

Text zu Tab. V

Das Altersintervall entspricht der 1. und letzten EKG-Aufnahme.

Die Werte der QRS-Achse sind in Graden angegeben.

Das Kind Nr. 21 gehört nicht zu den nachbestellten Kindern.

Die Abkürzungen dieser Tabelle sind dieselben wie in den Tabellen II¹ - IV.

PQ= Intervallverkürzung und flaches diskretes P-sinistro-cardiale, sinauriculäre Reizleitungsstörung (Nr. 6: Sinusrhythmus).

S.V. = Sekundäre Volumenbelastung, vgl. S. 28 .

Über die Diskussion wichtiger Beziehungen gibt der Text S. 29 Aufschluß.

Tab. VI

Zusammenfassung der häufigsten elektrokardiographischen Hypertrophiezeichen von mindestens 20 % = 5 Kinder in den 3 Gruppen und Zeitabschnitten.

Linkshypertrophie

=====

Gruppe 1 Gruppe 2 Gruppe 3

Vor der Operation	9 Kinder	7 Kinder	2 Kinder
P_{I} disk. sinistro., verbr., dopp: (max. 0.12" b. Kind Nr. 10)	7	5	1
$P_{II,III}$ größer als 0.01" (max. 0.15" b. Nr. 18) höher als 0.2 mV (0.4 mV b. Nr. 18)	5	4	1
P_{V_I} biph. und hoch, höher als 0.1 mV (max. 0.2 mV bei Nr. 12)	3	5	2
$P_{V_{5,6}}$ biph. oder doppelt und hoch	4	2	0
PQ verk., kl. als 0.13" (min. bei Nr. 6 und 16)	2	3	0
Q_{II} klein	4	0	0
$Q_{II,III}$ breit und tief, größer als 0.38 mV (max. 1.2 mV bei Nr. 16)	4	2	0
$Q_{V_{1,2}}$ schmal, QS-Typ	3	1	0
$Q_{V_{5,6}}$ tiefer als 3 mm (max. 10 mm b. Nr. 15)	6	5	0
QRS_{I-M} Knot., verbr., größer als 0.056" (max. 0.09" bei Nr. 15)	3	2	1
$QRS_{V_{5,6}}$ breite Fläche (max. 0.12" breit bei Nr. 25)	1	2	2
R_{II} groß und schief, b. Rechtstyp, größer als 1.7 mV (max. 3.6 mV bei Nr. 18)	3	5	0
R_{III} kl., plötzl. Höhenwechsel v. R_{II} zu R_{III}	1	2	0
$R_{V_{5,6}}$ hoch und breit, höher als 2.9 mV (max. 5.2 mV bei Nr. 12)	4	4	1
R + S: V_I gleich groß	1	3	1
$V_{5,6}^{T/R} = \frac{1}{10}$ (max. $\frac{1}{13}$ bei Nr. 16)	3	5	1
$R_{V_5} + S_{V_2}$ größer als 3.38 mV (max. 8.2 mV bei Nr. 15)	4	4	0
$V_I R/S$ kleiner als 0.4	2	1	0
$V_{6R/S}$ größer als 1.8	2	4	0
S_{III} größer als S_{II} und 0.4 mV (max. 0.7 mV bei Nr. 8)	1	1	0
$S_{V_{1,2}}$ größer als 15 mm (max. 38 mm b. Nr. 6)	5	4	1
$S_{V_{5,6}}$ kleiner oder fehlt, kleiner als 0.1 mV (min. 0.01 mV bei Nr. 12)	4	2	0

Fortsetzung Tab. VI

Vor der Operation	Gruppe 1 9 Kinder	Gruppe 2 7 Kinder	Gruppe 3 2 Kinder
T _I neg. biph., kleiner als 2,5 mm	4	4	1
pos. höher als 0.4 mV T _{II,III} (0.55 mV max. bei Nr. 16)	5	4	2
Nieder b. pulm. Hypertension, gr. als T _{V1,2} -0,2 mV (Max.-0,5 mV bei Nr. 9)	5	6	2
höher als 0.4 mV T _{V5,6} (0.9 mV max. bei Nr. 6)	6	6	1
ST _{I-III} neg. durchh., 0,5 mm neg.	6	5	2
neg. Anfang, knickförmig. Übergang zu V _{5,6} (max. - 1 mm bei Nr. 12)	3	4	1
normal, V ₆ verbreit. O.U.P.-V I (max. 0.05" bei Nr. 12)	3	1	1
Zahl der Kinder, die eines dieser Kriterien aufwiesen	0	0	0
Zahl der Kinder, die 2 und mehr dieser Kriterien aufwiesen	9	7	2

Nach der Operation

9 Kinder 5 Kinder 3 Kinder

P _I diskret, sinistroc., dop.u.breiter als 0.06" (max. 0.1 " bei Nr. 18)	3	1	1
P _{II,III} größer als 0.08 " (1,15" bei Nr. 18)	4	1	0
V _{1,2} hoch, biphas. (max. 0.1 mV bei Nr. 12)	5	1	1
V _{5,6} biphas.	3	1	0
QRS III oder III u. V ₁ Knotung	5	1	1
V _{3,4} rS-Form	1	0	0
R _{V6} kleiner als vor der Operation	5	2	1
größer als vor der Operation bei Rechts-u. Steiltyp	3	0	0
ST III 0,5 mm neg., ansteigend	2	0	0
V _{5,6} gesenkt	3	0	2
T III asymmetr., flach bis neg.	4	1	2
V _{5,6} flach neg.	4	3	2
immer noch hoch (max. 0.8 mV bei Nr. 4)	3	1	0
O.U.P. V 6 kürzer als vor Op.; normal	4	1	2
Zahl der Kinder, die eines dieser Kriterien aufwiesen	1	0	1
Zahl der Kinder, die 2 und mehr dieser Kriterien aufwiesen	8	5	2

Fortsetzung Tab. VI

Im Abstand einiger postoperativer Jahre	Gruppe 1 1 Kind	Gruppe 2 3 Kinder	Gruppe 3 1 Kind
$P_{V_{1,2}}$ biphas.	0	1	1
$ST_{II,III}$ neg. Anstieg	0	0	1
$T_{II,III}$ $V_{5,6}$ hoch pos.	0	2	0

Tab. VII

Doppelhypertrophie

=====

(EKG-Angabe, da 2 Kinder vor u. nach der Op. Doppelhypertrophie-zeichen trugen).

Zusammengenommen: EKG-Bilder vor und nach der Operation	Gruppe 1 3 Kinder	Gruppe 2 5 Kinder	Gruppe 3 2 Kinder
R_{V_I} : RSR' V_2 : höhere RS-Form als 1,6 mV (max. 3,1 mV bei Nr. 26)	2	2	2
$R+S_{V_3}$ gleich groß	2	1	0
$T_{V_{1-4}}$ neg. bzw. biph. (max. - 0,2 mV bei Nr. 2)	1	2	2
O.U.P.- V_I normal, V_6 verl. (max. 0,55 mV bei Nr. 2)	1	2	1
Zahl der EKG's, die eines dieser Kriterien hatten	1	2	1
Zahl der EKG's, die zwei und mehr dieser Kriterien hatten	2	3	1
Im Abstand einiger postoperativer Jahre	0	1 Kind	0
P_{I-III} cardiale, $V_{1,2}$ PP'		1	
$P_{II,III}$, V_{3-6} hoch pos.		1	

Tab. VIII

Rechtshypertrophie

=====

(5 EKG's von 3 Kindern)	Gruppe 3
Zusammengenommen: EKG-Bilder vor und nach der Operation	
P_{II} disk. dextroc., größer als 0,2 mV (max. 0,5 mV bei Nr. 23) u. gr. als 0,12 mV (max. 0,14 mV bei Nr. 25)	3
S_{V_6} tiefer als 0,5 mV (max. 2,5 mV bei Nr. 24)	3
$R_{II, III}$ höher als 1,8 mV	3
$T_{V_{5,6}}$ flach, neg. ischaem. Typ.	1
II, III und V_{3-6} positiv	2
Zahl der EKG's, die 2 der Kriterien hatten	5

Diese elektrokardiographischen Zeichen sind ausschließlich von Kindern mit einer Links-, Doppel- oder Rechtshypertrophie zusammengestellt worden.

V. ZUSAMMENFASSUNG

1. Es wurden in der vorliegenden Arbeit die elektrocardiographischen Befunde von 26 Kindern (19 Mädchen und 7 Buben) im Alter von 6 Monaten bis 16 Jahren mit einem Ductus Arteriosus Botalli vor und nach der Operation beschrieben und besprochen.
Bei dieser Untersuchung wurde die langumstrittene Behauptung von Cabrera und Monroy, Sodi-Pallares und Marsico, daß man in EKG zwischen einer vermehrten Druck- und Volumenarbeit unterscheiden könne, bestätigt (vgl. Arbeiten dieser Autoren in den Jahren 1952 - 60). Außerdem konnte gezeigt werden, daß die haemodynamische Umstellung am Herzmuskel durch die Volumenbelastung vor der Operation und die Druckbelastung nach der Operation beim Kind am sichersten und einfachsten im EKG zu beobachten ist.
2. Wir teilten die Kinder gemäß der Höhe des pulmonalen Druckes in drei Gruppen ein.
 1. "ohne pulmonale Hypertension", der pulmonale Druck beträgt bis zu 30 mm Hg, 12 Fälle.
 2. "mit mäßiger pulmonaler Hypertension", der pulmonale Druck beträgt bis zu 60 mm Hg, 8 Fälle.
 3. "mit hochgradiger pulmonaler Hypertension", der pulmonale Druck beträgt bis zu 90 mm Hg, 6 Fälle.

Die Untersuchung der Elektrokardiogramme erfolgte vor der Operation, kurze Zeit nach der Ligatur des Ductus in den Jahren 1957 bis 1962. Bei 12 Kindern führten wir eine Nachuntersuchung im Juli 1962 durch, wobei der Operationstermin 1/2 - 5 Jahre zurücklag.

Zusätzlich werteten wir die EKGs von 15 Kindern gleichen Alters (3 Jahre) aus, die einem Krankengut von ca. 120 in den Jahren 1963-65 operierten Kindern entnommen wurden.

Tab. V

Übersichtstabelle elektrokardiographischer
Aussagen über 26 Kinder

=====

Kind Nr.	Gruppe	Alter u. Geschl.	pulm. Druck bis zu:	vor Op.		nach Op.		nach Jahren	
				QRS- Axe	Hyper- troph.- zeich.	QRS- Axe	Hyper- troph.- zeich.	QRS- Axe	Hyper- troph.- zeichen
1	I	4-7 ♂	30 mm Hg	+ 95	L _s (PQ)	+90	B	+90	N(G,M,R)
2	I	11½-15½ ♀	30	+ 73	B(G,F)	+70	L _s (PQ)	+68	N(F,G)
3	I	2½-4½ ♀	30	+ 75	L _m	+60	L _s	+74	N(F,M)
4	I	9-13 ♀	30	+ 85	L _m	+90	L _s	+86	L _m
5	I	14-14½ ♀	30	+ 60	L _m	+63	L _s (M)		
6	I	8-8½ ♀	30	+ 80	L _s (PQ)	+85	L _m		
7	I	10½-10½ ♂	30	+ 60	N	+65	L _m		
8	I	11-11½ ♂	30	+ 45	L _m	+45	N		
9	I	2-2½ ♀	30	+ 73	L _s	+30	B(R _m)		
10	I	3½-4½ ♀	30	+ 80	L _m	+35	L _s		
11	I	6½-6½ ♀	30	+ 66	N	+45	L _m (R,PQ)		
12	I	12½-12½ ♀	30	+ 60	L _s	+45	L _s (G,B)		
13	II	½-3 ♂	60	+ 53	B	+39	B(C)	+24	B
14	II	7-10½ ♂	60	+ 70	B(G,F)	+20	B	+ 7	L _s
15	II	11½-16½ ♀	60	+ 67	L _s (B,G,M)	+45	L _m	+40	N(S,V)
16	II	3½-8½ ♀	60	+ 70	L _s (PQ)	+75	L _m	+78	L _m (S,V)
17	II	1½-4½ ♂	60	+ 60	L _s ! (PQ)	+40	L _s	+37	L _m (PQ)
18	II	11½-11½ ♀	60	+ 73	L _s ! (M,PQ,B)	+50	L _s (M,PQ,B)		
19	II	7½-7½ ♂	60	+ 80	L _s (R,G)	+40	L _m (D)		
20	II	3½ ♀	60	+ 44	L _m (R,F,M)	+40	B		
21	III	4½-5½ ♀	90	+ 72	L _m (G)	+45	L _m (R,G)	+87	
22	III	2½-2½ ♀	90	+ 70	L _m (F)	+47	L _m		
23	III	3½-4½ ♀	90	+ 95	R _m (L)	+95	B(M,R)		
24	III	3½-4½ ♀	90	+112	R _m (L)	+115	R _s	+94	R _s (R,N)
25	III	8½-9½ ♀	90	+100	R _m (L,B,M)	+115	R _s (L)	+110	R _s (M,B)
26	III	8-12½ ♀	90	+ 67	B (M,G,C,R)	+40	L _s	+33	L _s (R _m)

3. Die Analyse der Ekgs wurde nach folgenden Gesichtspunkten vorgenommen:

I. Zeichen der pathologischen Linkshypertrophie

- a) vor der Operation bei diastolischer Mehrbelastung bzw. Volumenbelastung. Vor der Operation ließ sich bei neun Kindern eine erhebliche und bei acht Kindern eine mäßige Linkshypertrophie nachweisen.
- b) nach der Operation bei systolischer Mehrbelastung bzw. Druckbelastung (einschließlich Auswirkungen des Blutdrucks am EKG) ließ sich bei acht Kindern eine mäßige und bei 9 Kindern eine erhebliche Linkshypertrophie nachweisen. Bei 3 Kindern fanden sich keine pathologischen Kurvenabläufe sowohl vor als auch nach der Operation.

II. Lagetyp = elektrische Herzachse.

54 % der Kinder hatten vor der Operation ein normaltypisches und 54 % nach der Operation ein linkstypisches EKG.

III. QRS-T-Vektor und Winkelgröße (Normal 60 Grad):

2 Kinder der Gruppe 3 und ein Kind der Gruppe 1 hatten eine Winkelvergrößerung von 135 Grad.

IV. Blutdruckbestimmung. Vor der Op. signifikante Amplitudenvergrößerung. Nach der Op. Erhöhung des aort. Mitteldrucks um 10mm Hg.

V. Nebenfunde

- a) Rechtshypertrophie: 3 Kinder hatten vor der Operation eine mäßige und zwei Kinder nach der Operation eine erhebliche Rechtshypertrophie.
- b) Kombinierte Ventrikelhypertrophie: 4 Kinder hatten vor der Operation und 6 Kinder nach der Operation eine Doppelhypertrophie.
- c) QT-Intervall: keine Verlängerung festgestellt.
- d) Blockformen: In absteigender Häufigkeit wurden

folgende Störungen im Reizleitungssystem gefunden: intraventrikuläre Reizausbreitungsstörungen, unvollständige Rechtsschenkel- und Wilsonblöcke, vollständige und unvollständige Linksschenkelblöcke. Man konnte beobachten, daß das Reizleitungssystem nach der Operation im allgemeinen häufiger gestört war als vor der Operation.

VI. Elektrocardiographische Untersuchung 1962, 1/2 bis 5 Jahre nach der Ligatur: 3 Kinder hatten eine mittelschwere und 2 eine schwere Linkshypertrophie. Ein Kind hatte eine Doppelhypertrophie und zwei Kinder eine erhebliche Rechtshypertrophie, 4 Kinder hatten normale Kurvenabläufe.

4. Die Untersuchung vollzog sich unter dem Aspekt folgender EKG-Maße, wobei sich einige wichtige Kriterien als signifikant erwiesen: Jede Zacke wurde nach Dauer, Spannungswert und Morphologie ausgewertet, das Verhältnis $R/R+S$ in den Abl. $V_1 - V_6$ und die Division von $\frac{R/SV_5}{R/SV_2}$ und $\frac{T}{RV_6}$ sowie die Summe von RV_5 und SV_2 , R I und S III und der obere Umschlagspunkt errechnet. Außerdem wurden die Relationskurven aus dem Verhältnis $\frac{R}{R+S}$ in den BWA aufgezeichnet. Diese spiegelten die Entwicklung der Hypertrophie an den Ventrikeln wider.
Folgende häufige und zuverlässige Formen der praeoperativen Linksüberlastung waren bei allen 3 Gruppen zu sehen:

- 1) verbreitertes, doppeltes, diskretes P-sinistrocardiale in den Abl. I, II und III

und die diphasischen hohen Ausschläge in den Abl. V_1 und V_2 .

2. Tiefe Q-Zacken in den Abl. II, III und links-
praecordial.
3. QRS-Komplex in den Abl. V_5 und V_6 mit einer
breiten Fläche.
4. Hohe Spannung von R- und S-Zacken.
5. Über 1 mm durchhängende ST-Strecke in den
Abl. I - III, V_5 und V_6 .

Die systolische Druckbelastung nach der Durchtrennung
des Ductus zeichnete sich bei 68 % der 26 Kinder
durch folgende Merkmale aus:

1. Die Verkleinerung der R-Zacke in Abl. V_6
2. Die flache asymmetrische T-Welle in den Abl. III,
 V_5 und V_6
3. Ein natürlicher Zeitanspruch der endgültigen
Negativitätsbewegung in den Abl. V_1 und V_6 .

Zeichen der Linksbelastung wiesen vor und nach der Liga-
tur am meisten die Kinder Gruppe 1, bei der jüngsten
Untersuchung allerdings die Kinder der Gruppe 2 auf.

Eine Doppelhypertrophie wurde charakteristischerweise
hauptsächlich in der 2. Gruppe bei 8 von 26 Kindern
vorgefunden. Die Doppelhypertrophiezeichen konnten auch
unter typische Rechts- oder Linkshypertrophiebilder
gemischt sein (vgl. auch Tab. V):

1. P-cardiale in den Abl. II, III, V_1 und V_2 .
2. RSR' - Formen in Abl. V_1 und V_2 .
3. Vergrößerter Zeitanspruch des oberen Umschlags-
punktes in Abl. V_6 bei zeitgemäßer Negativitäts-
bewegung in Abl. V_1 .

Die Hypertrophiezeichen der Kinder aus Gruppe 3
zielten praeoperativ bei 11 % und postoperativ bei
8 % schon mehr dahin, einer Rechtshypertrophie zu
entsprechen:

1. Ein hohes, breites P-dextrocardiale in Abl. II
2. Vergrößerte R-Zacken in Abl. II und III
3. Tiefe S-Zacken in Abl. V_6
4. Niedrige T-Wellen in den Abl. V_5 und V_6 vom
ischaemischen Typ.

VI. SCHRIFTTUM

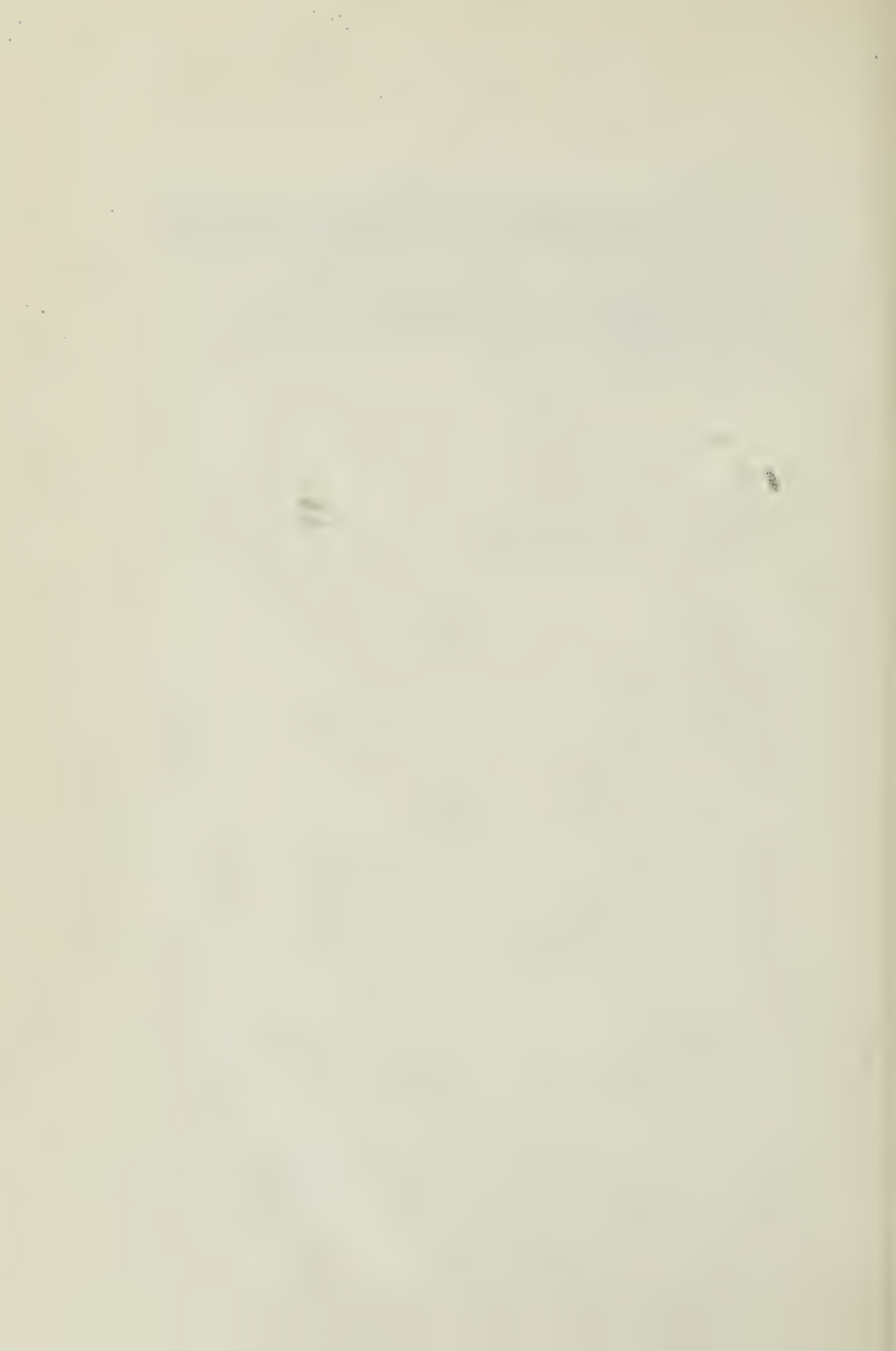
- 1.) B. Allenstein, H.Mori: Evaluation of Elektrokardiographic Diagnosis of Ventricular Hypertrophy
Based on Autopsie. Circulation. Vol. XX, Nr. 3 March 1960.
- 2.) Cabrera E. und Monroy J.R.: Systolic and Diastolic Loading of the Heart. Part I and II: Physiologic and Clinical Data: am. Heart J.43: 661 und 669, 1952.
- 3.) Cabrera E. u. Caxiola A.: Diagnostic Contribution of the Vectocardiogram in Hemodynamic Overloading of the Heart: Am. Heart J.60:296, 1960.
- 4.) Donoso E., Sapin, Braunwald E.u.Grishman A.:
A Study of the Electrocardiogram and Vectorcardiogram in Congenital Heart Disease II. Vectorcardiographic Criteria for Ventricular Hypertrophy: Am. Heart J.50: 674, 1955.
- 5.) Cardberg M.u.Ashman R.: The QRS-Komplex of the Elektrokardiogram: Arch.Int. Med. 72: 210, 1943.
- 6.) Grant R.P.: The Relationship Between the Anatomic Position of the Heart and the Elektrokardiogram: Circulation 7:890, 1953.
- 7.) Hähnel H.: Zeichen der Hypertrophie im Elektrokardiogramm und Vektorcardiogramm. Aus "Deutsches Gesundheitswesen" 1960. Berlin, Charité, Dir.Prof.Krautwald.
- 8.) Heck W. und Stoermer J.: Pädiatrischer EKG-Atlas.Georg Thieme Verlag Stgt, 1959.

- 9.) Holzmann M.: Klinische Elektrokardiographie, Georg Thieme Verlag Stgt. 4. Auflage, 1961
- 10.) Kimura N.: Diagnostic Criteria for Left Ventricular Muscular Hypertrophy on Electrocardiogram: Malattie Cardiovascolari-*Revue internationale de Cardioangiologie*. Volume II Nr. 3, Luglio 1961
- 11.) Korth C. u.J.Schmidt: Herzhypertrophie und Elektrokardiogramm: *MMW*. 101, 653, 1959
- 12.) Lipsett M.B.u.Zinn W.J.: Anatomic and Electrocardiographic Correlation in Combined Ventricular Hypertrophy: *Amer.Heart J.*45: 86, 1953
- 13.) Marquis R.M.: Ventricular Septal Defect in Early Childhood. *Brit.Heart J.*12: 256, 1960
- 14.) Marsico F., Penaloza, Tranchesie J., Limón R,D.Sodi-Pallares: The Elektrokardiogram in Ventricular Septal Defect: Scalar and Vectorial Analysis of Thirty-Two Cases: *Am. Heart J.* 49: 188, 1955
- 15.) Rowe R.D., Vlad P. and Keith J.D.: Atypical Tetralogy of Fallot. A.Noncyanotic Form with Increased Lung Vascularity: *Circulation* 12: 230, 1955
- 16.) Schmidt J.: Hämodynamik und Elektrokardiographie: Erlangen, 1961
- 17.) Sedziwy L. und Shillingford J.: Cardiographic Patterns in Systolic and Diastolic Overload of the Left Ventricle Vol. XXIII, *Brit. Heart J.*5, 533, 1961
- 18.) Sodi-Pallares D.u.Marsico F.: The Importance of Electrocardiographic Patterns in Congenital Heart Disease: *Am. Heart J.* 49: 202, 1955

19.) Wood P., Magidson C. and Wilson P. :Ventricula
Septaldefect with A Note on Acyanotic Fallots
Tetralogy:Brit. Heart J. 16:387,1954

20.) Ziegler R. F.:The Importance of Patent Ductus
Arteriosus in Infants:Am. Heart J. 43:553,1952

Für die freundliche Überlassung des Themas
und für die hilfsbereite Unterstützung und
Beratung erlaube ich mir, Herrn Privatdozent
Dr. med. K. Bühlmeyer meinen verbindlichsten
Dank auszusprechen.



LEBENS LAUF

Am 6.8.38 wurde ich, Ulrike Fetzter, als Tochter des Gewerbeschulrats Paul Fetzter und der Josefine, geborene Winterhalter, in Ludwigsburg geboren.

Ich besuchte 4 Jahre die Grundschule und 6 Jahre das neusprachliche Gymnasium in Ludwigsburg.

Die 7.-9. Klasse besuchte ich anschließend in dem Ev. Kirchl. Mädchengymnasium mit Heim in Großsachsenheim, wo ich am 19. Febr. 1958 die Reifeprüfung ablegte.

Im Sommersemester 1958 begann ich an der Universität Tübingen das Studium der Medizin. Am 20. April 1959 legte ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung ab.

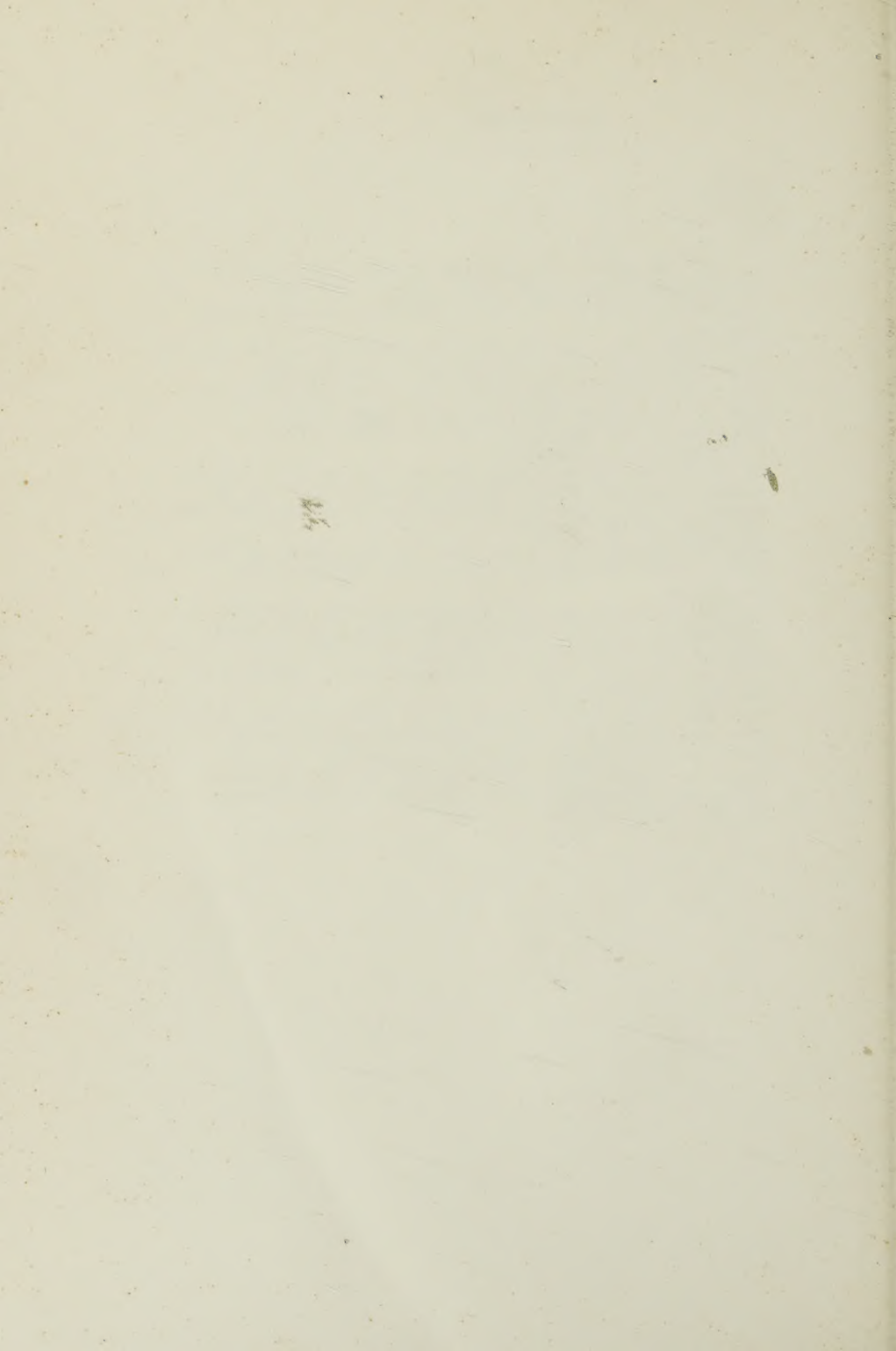
Die folgenden Semester bis zum Physikum am 21. Febr. 1961 studierte ich an der Universität Freiburg.

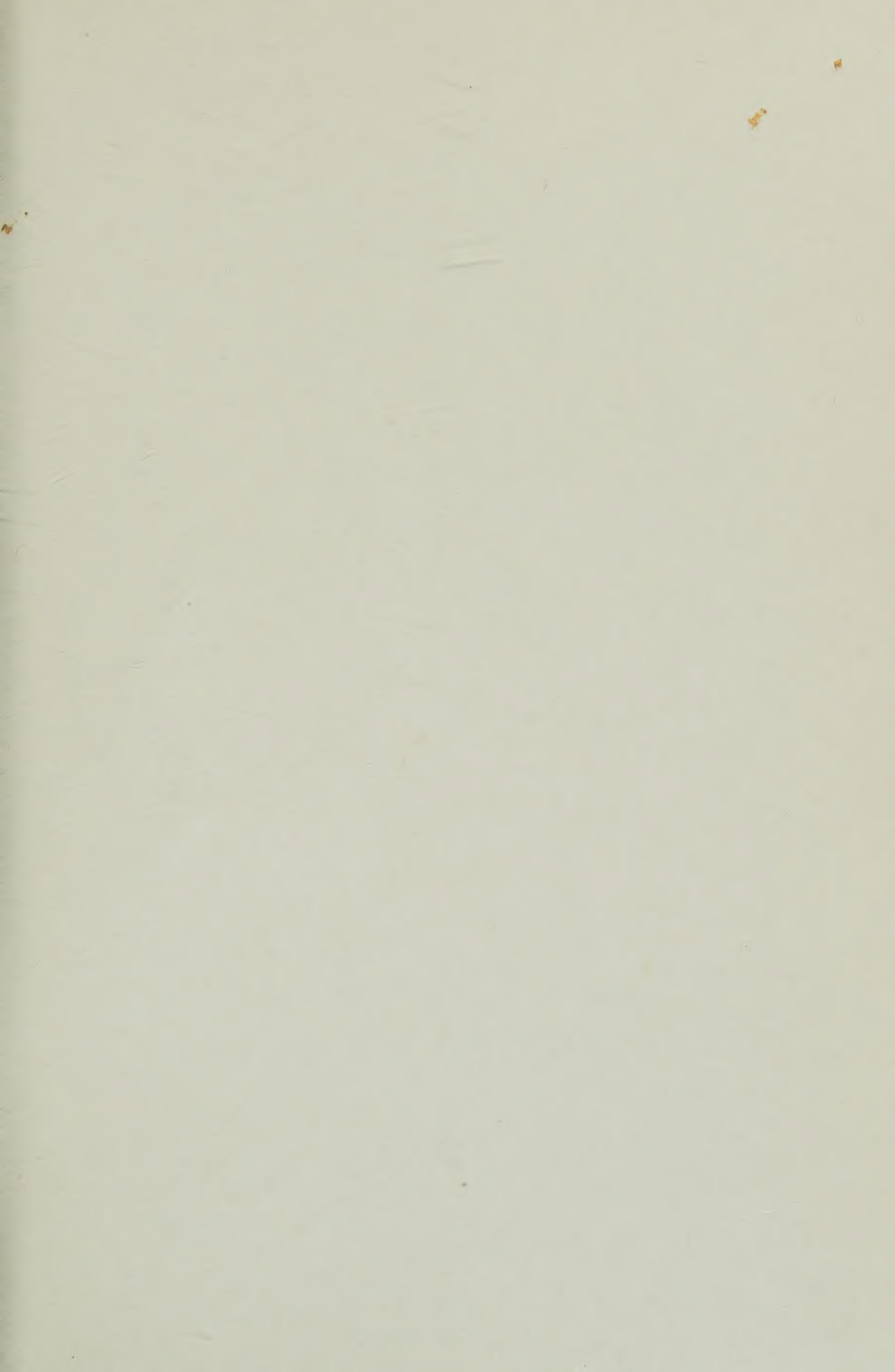
Im Sommersemester und Wintersemester 1961/62 studierte ich München. Zum Sommersemester 1962 kehrte ich wieder nach Freiburg zurück, wo ich am 18. Juni 1964 das medizinische Staatsexamen absolvierte.

Vom 22. Juni 1964 bis 22. März 1966 war ich in der Chirurgischen und Inneren Abteilung des Kreiskrankenhauses Tuttlingen tätig.

Seit 1. April 1966 arbeite ich in der Gynäk.-Geburtshilflichen Abteilung des Kreiskrankenhauses Waiblingen.







Gesamtherstellung: **DIE REPROGRAFIE** · Karl Mayer KG.
Stuttgart N Friedrichstraße 41